



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistema Eléctrico de Potencia

**Autores:**

Crespo Quispe Marco Vinicio

Crespata Almachi Álvaro German

**Tutor:**

Ing. Msc. Proaño Xavier

LATACUNGA - ECUADOR

**2017**

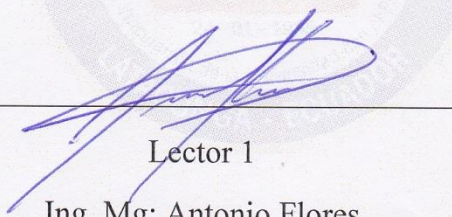
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA); por cuanto, los postulantes: Crespo Quispe Marco Vinicio y Crespata Almachi Álvaro German con el título de Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

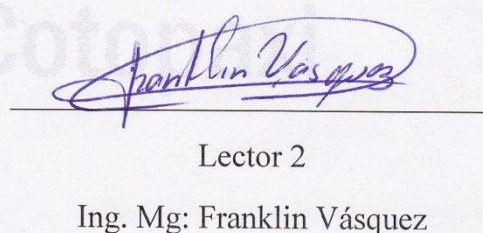
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Para constancia firman:

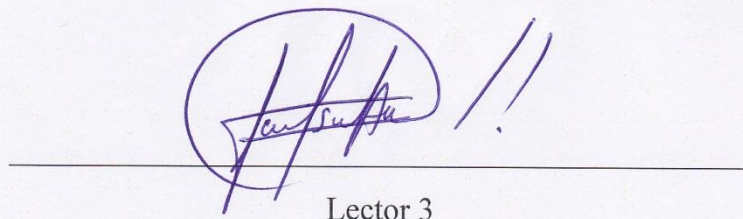
Latacunga, Enero del 2017

  
Lector 1  
Ing. Mg: Antonio Flores

C.I: 171579326-9

  
Lector 2  
Ing. Mg: Franklin Vásquez

C.I:171043449-7

  
Lector 3

Ing. Mg: Carlos Saavedra

C.I.:180224842-5



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“ Nosotros Crespo Quispe Marco Vinicio y Crespata Almachi Álvaro German declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Análisis de la demanda eléctrica para suministrar el servicio eléctrico a la nueva carga a implementarse en la Planta de Producción de Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi”, de la ciudad de Latacunga siendo el Ing. Msc: Xavier Proaño tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



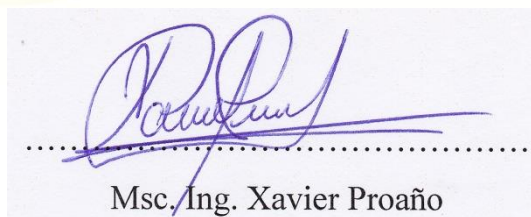
 ..... Crespo Quispe Marco Vinicio C.I.: 05037947-1	 ..... Crespata Almachi Álvaro German C.I.:050324855-1
---	---

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, de Crespo Quispe Marco Vinicio y Crespata Almachi Álvaro German, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

**EL TUTOR**



Msc. Ing. Xavier Proaño

C.I: 0502656424

**TUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de representante Administrativo de la **PLANTA DE PRODUCCIÓN AGOINDUSTRIAL**, a petición verbal de los interesados, certifico que:

Los señores Marco Vinicio Crespo Quispe, portador de la cédula de ciudadanía N° 050379471-1 y Álvaro German Crespata Almachí, portador de la cédula de ciudadanía N° 050324855-1, realizaron el Trabajo Investigativo de grado con el tema:

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Bajo la supervisión de esta área, siguiendo todos los lineamientos y requerimientos establecidos por los laboratorios de Agroindustrial.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultad a los interesados, hacer uso de este documento en forma de que se estime conveniente.

Atentamente

**PLANTA DE PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA UTC**



Firma autorizada

**Ing. Alberto Tinajero**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la vida, por bendecirme para llegar a esta instancia del camino de la culminación de mi carrera universitaria.

A mis padres Roberto y Magdalena por el amor, respeto, cariño, sencillez, responsabilidad y el apoyo incondicional, pero en especial a mi Madre por ser el pilar fundamental quien por medio de sus sabios y valiosos consejos estimulo mi ego, entregándome cada día un aliento de apoyo y depositando siempre en mí un cumulo de esperanza, también quiero agradecer a mi esposa Diana, a mi hijo Liam por ser las personas quienes cambiaron mi vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica quienes con su profesionalismo y éticanos proporcionaron los conocimientos, necesarias para un aprendizaje integral como profesionales y seres humanos. Dedicar un agradecimiento especial a nuestro Director del Trabajo de Investigación al Msc. Ing. Xavier Proaño por el apoyo constante para el desarrollo del Trabajo de Investigación.

**Marco**



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco Dios por darme la vida, la fuerza y el valor necesario para saber aprovechar y concluir mis estudios universitarios y tomar esto como punto de partida para el buen desarrollo de mi vida profesional.

A mi hermano Franklin quién me enseñó el respeto, perseverancia y sencillez para alcanzar cada una de mis metas, a mis padres que siempre me apoyaron moral y económicamente, a mis hermanas Ruth, Cristina quién siempre me ha estado alentando a terminar mis estudios y apoyo incondicional.

Quiero agradecer especialmente a mi profesor: MSc. Ing. Xavier Proaño, quien supo guiarme durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

**Álvaro**

## **DEDICATORIA**

Este Trabajo de Investigación está dedicado a mis queridos PADRES quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores porque lo que soy ahora se los debo a mis padres.

A mis hermanas y familiares que han sabido brindar su apoyo y motivación en los momentos de mayor dificultad. A los profesores, amigos que han contribuido al desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mí esposa Diana que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante en mi superación profesional. A mí Hijo, que es el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, le dedico todo mi esfuerzo de este Trabajo de Investigación.

**Marco**



## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

Porque lo que soy y lo que tengo se los debo a ellos.

**Álvaro**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
6. OBJETIVOS: .....	3
General.....	3
Específicos .....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS. ....	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	5
Estudio de la demanda eléctrica.....	6
Factor de demanda .....	6
Factor de carga.....	7
Factor de diversidad.....	7
Factor de simultaneidad. ....	8
Factor utilización .....	10
Factor de potencia.....	11

Estimación de cargas eléctricas .....	11
Sistemas eléctricos.....	12
Alimentadores .....	13
Dimensionamiento del neutro .....	14
Equipo de medición.....	14
Aspectos de protecciones.....	14
Dimensionamiento de las protecciones.....	15
Sistema de iluminación .....	16
Magnitudes luminotécnicas y su relación .....	16
Flujo luminoso (LUMEN).....	16
Nivel de iluminación o iluminancia (LUX) .....	16
Luminancia (candelas/m <sup>2</sup> ) .....	17
Control de luminancias en el campo visual.....	18
Elección de las fuentes de luz y del tipo de iluminación .....	19
Luminarias.....	19
La iluminación directa.....	20
Iluminación semi-directa.....	20
Iluminación uniforme .....	20
Analizador Trifásico 1735 .....	21
Software de simulación.....	22
Software para simulación ETAP .....	22
Software de iluminación Dialux.....	23
Levantamiento de parámetros eléctricos .....	23
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:.....	24
Operacionalización de las variables.....	24
Variable independiente.....	24
Variable dependiente.....	25
10. METODOLOGIA Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	26
Métodos de investigación .....	26
Método inductivo - deductivo. ....	26
Método analítico.....	26

Tipos de investigación .....	26
Investigación bibliográfica.....	26
Investigación exploratoria.....	26
Investigación descriptiva.....	27
Técnicas de investigación .....	27
Observación directa.....	27
Instrumentos de investigación .....	27
Fichas de observación .....	27
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	27
Análisis del sistema de distribución primario.....	28
Subestación Salcedo.....	28
Datos del Transformador Convencional Trifásico .....	29
Levantamiento de carga en la Planta de Producción de la UTC.....	29
Potencias instaladas en la Planta de Producción .....	30
Análisis y medición de parámetros eléctricos.....	32
Análisis de potencia aparente en (kva) .....	32
Análisis de potencia reactiva en (kvar) .....	33
Potencia activa durante un día laborable .....	33
Análisis de valores del factor de potencia (FP) .....	33
Factor de potencia durante un día laborable .....	34
Penalización por bajo factor de potencia .....	34
Cargabilidad de conductores .....	34
Sistema eléctrico .....	35
Transformador .....	35
Diagrama unifilar.....	36
Estudio de carga.....	36
Descripción del Sistema de iluminación y fuerza.....	37
Luminaria para el alumbrado de la industria .....	38

Calculo de la luminaria .....	38
Tipo de lámpara utilizada.....	40
Calculo del número de luminarias.....	41
Calculo del emplazamiento .....	42
Análisis de las Caídas de Voltaje y calibre de los conductores actuales. ....	42
Análisis de las Caídas de Voltaje y selección de los conductores proyectados.....	49
Pérdidas de potencia en conductores en la Planta Agroindustrial Actual.....	50
Pérdidas de potencia en conductores en la Planta Agroindustrial proyectada.....	54
Simulación del sistema eléctrico existente con el programa ETAP 12.6.0. ....	56
Resultados obtenidos de la simulación en el programa ETAP 12.6.0.....	57
Diagrama unifilar % caída de voltaje, la potencia kVA y corriente de la Planta de Producción.....	61
12.    IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	64
13.    PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	64
Factibilidad Técnica.....	64
Tasa interna de retorno TIR .....	65
Calculo para mejorar el bajo factor de potencia.....	65
Equipos y materiales para el banco de capacitores .....	67
Ahorro proyectado con factor de potencia mejorado .....	67
Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión .....	69
Cálculo del VP1 costos de inversión.....	70
Cálculo del VP2 costos de operación y mantenimiento .....	70
Cálculo del VP3 costo por reposición de una unidad.....	71
Cálculo del VP4 costo de retiro de la unidad al final de su vida útil .....	71
Cálculo del VP total de los costos de inversión .....	71
Cálculo del valor presente de las penalizaciones .....	71
Determinación del valor presente neto VPN.....	72
Relación beneficio/costo .....	72
Período de recuperación de la inversión .....	72
Resumen de resultados .....	73
Presupuesto instalaciones del interior de la nueva área de la planta agroindustrial .....	73
Potencias proyectadas en la Planta de Producción Agroindustrial .....	75

Simulación en el programa ETAP 12.6.0 incorporando las nuevas cargas.....	76
Simulación en el programa ETAP 12.6.0 incorporando un banco de capacitores. ....	77
Resultados obtenidos de la simulación en el programa ETAP del sistema eléctrico proyectado. ....	78
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
CONCLUSIONES .....	85
RECOMENDACIONES .....	86
15. BIBLIOGRAFÍA .....	87
16. ANEXO .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
TABLA 2: FACTORES DE DEMANDA PARA CADA AGRUPACIÓN DE MOTORES .....	6
TABLA 3: FACTORES DE SIMULTANEIDAD PARA TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN .....	9
TABLA 4: FACTORES DE SIMULTANEIDAD DE UN SISTEMA .....	9
TABLA 5: FACTORES DE UTILIZACIÓN.....	10
TABLA 6: MAGNITUDES LUMINOTÉCNICAS .....	16
TABLA 7: LUMINANCIA DE FUENTES DE LUZ.....	18
TABLA 8: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTE .....	24
TABLA 9: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE.....	25
TABLA 10: DATOS DEL TRANSFORMADOR.....	29
TABLA 11: POTENCIAS INSTALADAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA UTC .....	30
TABLA 12: MEDICIONES DE POTENCIA APARENTE EN KVA DURANTE UN DIA LABORABLE .....	32
TABLA 13: MEDICIONES DE POTENCIA REACTIVA EN KVAR DURANTE UN DIA LABORABLE ....	33
TABLA 14: MEDICIONES DE POTENCIA ACTIVA EN KW .....	33
TABLA 15: MEDICIONES DE FACTOR DE POTENCIA .....	33
TABLA 16: MEDICIONES DE FACTOR DE POTENCIA .....	34
TABLA 17: DATOS DE LA LUMINARIA DE LA NUEVA ÁREA A IMPLEMENTARSE .....	38
TABLA 18: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DEL LOCAL.....	39
TABLA 19: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DEL LOCAL.....	39

TABLA 20: CAÍDA DE VOLTAJE Y CALIBRES DE CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA DESDE EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD_1 A LAS CARGAS DEL ÁREA DE LÁCTEOS. ....	45
TABLA 21: CAÍDA DE VOLTAJE Y CALIBRES DE CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA DESDE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN TD_2 Y TD_3 A LAS CARGAS DE LAS ÁREAS DE YOGURT Y FRUTAS. ....	45
TABLA 22: CAÍDA DE VOLTAJE Y CALIBRES DE CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA DESDE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN TD_4 Y TD_MAQ A LAS CARGAS DE LAS ÁREAS DE CÁRNICOS Y MÁQUINAS. ....	46
TABLA 23: CAÍDA DE VOLTAJE Y CALIBRES DE CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA DESDE LOS TABLEROS TD_ILUM Y TD_BOMB A LAS CARGAS. ....	47
TABLA 24: CAÍDA DE VOLTAJE Y CALIBRES DE CONDUCTORES DE LOS ALIMENTADORES DESDE EL TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TD_P1, TD_P2, TD_P3) A LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS (TD_MAQ, TD_1, TD_2, TD_3, TD_4, TD_ILUM). ....	48
TABLA 25: CAÍDA DE VOLTAJE Y CALIBRES DE CONDUCTORES DE LOS ALIMENTADORES DESDE LOS TABLEROS TP_MED A LOS TABLEROS (TD_P, TD_BOMB). ....	48
TABLA 26: CAÍDA DE VOLTAJE, CALIBRES DE CONDUCTORES DEL ÁREA PROYECTADA EN SUS DIFERENTES TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN. ....	49
TABLA 27: PERDIDAS DE POTENCIA DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA DESDE EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD_1 A LAS CARGAS DEL ÁREA DE LÁCTEOS. ....	51
TABLA 28: PERDIDAS DE POTENCIA DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA DESDE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN TD_2 Y TD_3 A LAS CARGAS DE LAS ÁREAS DE YOGURT Y FRUTAS. ....	52
TABLA 29: PERDIDAS DE POTENCIA DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA DESDE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN TD_4 Y TD_MAQ A LAS CARGAS DE LAS ÁREAS DE CÁRNICOS Y MÁQUINAS. .	52
TABLA 30: PERDIDAS DE POTENCIA EN CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y FUERZA DESDE LOS TABLEROS TD_ILUM Y TD_BOMB A LAS CARGAS. ....	53
TABLA 31: PERDIDAS POTENCIA EN CONDUCTORES DE LOS ALIMENTADORES DESDE EL TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TD_P1, TD_P2, TD_P3) A LOS TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS (TD_MAQ, TD_1, TD_2, TD_3, TD_4, TD_ILUM). ....	53
TABLA 32: PERDIDAS DE POTENCIA DE LOS ALIMENTADORES DESDE LOS TABLEROS TP_MED A LOS TABLEROS (TD_P, TD_BOMB). ....	54
TABLA 33: PERDIDAS DE POTENCIA DEL ÁREA PROYECTADA EN SUS DIFERENTES TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN. ....	55
TABLA 34: INFORME GENERAL DE DATOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE. ....	56



TABLA 35: RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA EN LAS BARRAS DE FUENTE, NODOS Y BARRAS DE CARGAS. ....	57
TABLA 36: RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA EN LAS RAMAS (PARTE DEL CIRCUITO COMPRENDIDA ENTRE DOS NODOS CONSECUTIVOS) DE LOS CABLES EXISTENTES.....	58
TABLA 37: RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA EN LAS RAMAS (PARTE DEL CIRCUITO COMPRENDIDA ENTRE DOS NODOS CONSECUTIVOS) DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	60
TABLA 38: RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA DE LAS DIFERENTES MAQUINARIAS INSTALADAS. ....	60
TABLA 39: RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA DE LA RED ELÉCTRICA O FUENTE.....	61
TABLA 40: PRESUPUESTO BANCO DE CAPACITORES.....	67
TABLA 41: INDICADORES .....	73
TABLA 42:: PRESUPUESTO PLANTA AGROINDUSTRIAL .....	73
TABLA 43: POTENCIAS PROYECTADAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE LA UTC .....	76
TABLA 44: INFORME GENERAL DE LOS DATOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO PROYECTADO.....	79
TABLA 45: RESULTADOS DE LAS BARRAS Y NODOS DEL SISTEMA PROYECTADO.....	79
TABLA 46: PROYECCIÓN DEL FLUJO DE CARGA EN LAS RAMAS DE LOS CABLES.....	81
TABLA 47: PROYECCIÓN DE FLUJO DE CARGA EN LAS RAMAS DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO. ....	82
TABLA 48: RESULTADOS DEL FLUJO DE CARGA DE LAS DIFERENTES MAQUINARIAS INSTALADAS DEL SISTEMA PROYECTADO.....	82
TABLA 49: PROYECCIÓN DEL FLUJO DE CARGA DE LA RED ELÉCTRICA O FUENTE. ....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: NIVEL DE ILUMINACIÓN LUX.....	17
FIGURA 2: LUMINANCIA .....	17
FIGURA 3: LUMINANCIA EN EL CAMPO VISUAL .....	18
FIGURA 4: TIPOS DE ILUMINACIÓN.....	19
FIGURA 5: TIPO DE ILUMINACIÓN .....	21
FIGURA 6: ANALIZADOR FLUKE 1735 .....	21
FIGURA 7: FORMA DE CONEXIÓN DE EQUIPO.....	24
FIGURA 8: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SUMERGIDO EN ACEITE .....	29

FIGURA 9: CONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE CARGA POWERLOGGERFLUKE 1735.....	32
FIGURA 10: CAÍDA DE VOLTAJE PERMISIBLE.....	44
FIGURA 11: CAÍDAS DE VOLTAJE % Y PERDIDAS DEL ÁREA DE LÁCTEOS. ....	61
FIGURA 12: CAÍDAS DE VOLTAJE % DEL ÁREA DE YOGURT.....	62
FIGURA 13: CAÍDAS DE VOLTAJES EN % DEL ÁREA DE FRUTAS. ....	62
FIGURA 14: CAÍDAS DE VOLTAJE % EN EL ÁREA DE CÁRNICOS. ....	63
FIGURA 15: CAÍDAS DE VOLTAJE % DE LA ILUMINACIÓN EXISTENTE. ....	63
FIGURA 16: POTENCIA ACTIVA, CORRIENTE Y FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA EXISTENTE	75
FIGURA 17: VALORES DE POTENCIA, CORRIENTE Y FP CON LAS NUEVAS CARGAS. ....	77
FIGURA 18: BARRA DE MEDICIÓN QUE MEJORA EL BAJO FACTOR DE POTENCIA DE 0,86 A 0,93..	78

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

### **Autores:**

Crespo Quispe Marco Vinicio

Crespata Almachi Álvaro Germán

### **RESUMEN**

El presente trabajo fue realizado en la industria dedicada a la fabricación de lácteos, cárnicos derivados de los mismos. La finalidad del proyecto es satisfacer la necesidad de la Planta Agroindustrial de la UTC, debido que se desconoce el estado en el que se encontraba operando la maquinaria de la industria. Tampoco contaba con un estudio que permita implementar la nueva carga proyectada a corto plazo a un aumento de la demanda de energía en tal virtud se realizó un análisis de la demanda del sistema eléctrico.

Para el desarrollo de la propuesta fue necesario realizar un censo de carga que permita cuantificar las potencias instaladas de los diferentes equipos que disponía la industria. Con ayuda del software ETAP.12.6.0 se realizó el análisis del flujo de carga para determinar las caídas de voltaje, pérdidas de potencia, flujo de potencia, potencia reactiva, factor de potencia y la cargabilidad de las instalaciones eléctricas.

Para realizar la demanda del sistema eléctrico fue necesario utilizar un analizador de carga con las mediciones obtenidas durante siete días se logró registrar la curva de carga diaria, semanal, niveles del voltaje, potencias, factor de potencia y corrientes. Por medio del análisis de la demanda, se determinó el estado actual de la industria se pudo determinar las falencias que presenta el sistema eléctrico al implementar la nueva carga proyecta.

Por motivo del incremento de carga en la industria se vio la necesidad de realizar propuestas de mejoramiento al sistema eléctrico, mismas que fueron evaluadas técnica y económicamente en beneficio de la Universidad.

**Palabras clave:** Sistema eléctrico, ETAP 12.6.0, DIALux 4.12 software de ingeniería Eléctrica.

**THEME: “ANALYSIS OF THE ELECTRICAL DEMAND TO SUPPLY THE ELECTRICAL SERVICE TO THE NEW LOAD TO BE IMPLEMENTED IN THE AGRO-INDUSTRIAL PRODUCTION PLANT OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI “**

**AUTHORS:**

Crespo Quispe Marco Vinicio

Crespata Almachi Álvaro Germán

**ABSTRACT**

The present work was made in the industry dedicated to the manufacture of dairy products derived from them. The finality of the project is to satisfy the need of the agro-industrial factory of the UTC, because it is unknown the state in which is operating the machinery in the factory. It did not have a study that allows implementing the new load projected to a short term to an increase of the energy demand so that an analysis of the demand of the electrical system was made.

For the development of the proposal it was necessary to carry out a load census to quantify the installed power of the different equipment available to the industry. With the help of ETAP software 12.6.0, load flow analysis was performed to determine voltage drops, power losses, power flow, reactive power, factor power and load ability of electrical installations.

To make the demand of the Electrical System it was necessary to use a load analyzer with the measurements obtained during seven days. It was possible to record the curve of daily load, weekly, voltage levels, and powers, factor and currents power. Through the analysis of the demand, it was determined the current state of the industry, it was possible to determine the shortcomings presented by the electrical system to implement the new projected load.

Because of the increased load in the industry, it was necessary to make proposals for improvements to the electrical system, which was evaluated technically and economically for the benefit of the University.

**Keywords:** Electrical system, ETAP 12.6.0, DIALux 4.12 Electrical engineering software.



Latacunga 18 de enero del 2017

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del idioma ingles del Centro cultural de idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: la Traducción del resumen de Proyecto de Investigación al idioma ingles presentando por los señores de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la facultad de CIYA: **CRESPO QUISPE MARCO VINICIO** con número de cedula 050379471-1 y **CRESPATA ALMACHI ALVARO GERMAN** con número de cedula 0503248551, cuyo título versa “**ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta escritura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Atentamente

.....  
Lic. .Erika Cecilia Borja Salazar

C.I: 050216109-4

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Análisis de la demanda Eléctrica para suministrar el servicio eléctrico a la nueva carga a implementarse en la planta de producción de agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi”.

### **Fecha de inicio:**

Abril del 2016

### **Fecha de finalización:**

Enero de 2017

### **Lugar de ejecución:**

Salache Bajo- Eloy Alfaro- Cantón: Latacunga- Provincia: Cotopaxi - Zona: 3- Universidad Técnica de Cotopaxi campus C.A.R.E.N

### **Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

### **Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

### **Proyecto de investigación vinculado:**

### **Equipo de Trabajo:**

### **TUTOR DE TITULACIÓN**

- Xavier Alfonso Proaño Maldonado

### **COORDINADORES DEL PROYECTO**

- Marco Vinicio Crespo Quispe
- Álvaro German Crespata Almachi

### **Área de conocimiento:**

Ingeniería Eléctrica

### **Línea de investigación:**

Explotación y diseño de sistemas eléctricos

### **Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Análisis y diseño de Sistemas Eléctricos

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO**

La “PLANTA DE PRODUCCIÓN” se dedica a la elaboración de una gama de productos lácteos y productos cárnicos que son realizados por los estudiantes de Ingeniería Agroindustrial, mediante el crecimiento positivo que ha obtenido dicha Industria tiene la necesidad a corto plazo incrementar su infraestructura para una nueva área de cárnicos, cuando la “PLANTA DE PRODUCCIÓN” asuma las nuevas cargas Eléctricas a implementarse esto puede ocasionar unas variaciones de voltaje del sistema Eléctrico en la industria por lo cual es necesario realizar un análisis de la demanda Eléctrica en el proyecto de investigación planteado.

Para determinar el estado del Sistema Eléctrico de la Industria con el incremento de la nueva maquinaria, iluminación a implementarse, es necesario un análisis de cargabilidad de los conductores, en la planta de producción que permita determinar si el centro de Transformación está en la capacidad de recibir la nueva carga Eléctrica.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño eléctrico de la nueva área a implementarse con la finalidad de determinar si el sistema eléctrico actual de la planta de producción está en la capacidad de asumir la carga a implementarse en la industria.

El enfoque principal del proyecto es determinar la nueva carga máxima a instalarse en la planta de producción. De ahí la importancia del análisis de la demanda Eléctrica a realizarse en la Planta de Producción donde se realizara el levantamiento de información de los parámetros eléctricos mediante el analizador de carga Fluker 1735.

Posteriormente se realizar un censo de carga para la verificación de la Potencia total de las de la maquinaria que se va incorporar en la nueva área a implementarse, donde se verificara las condiciones del Sistema Eléctrico sin y con la nueva carga, el dimensionamiento de Conductores, el comportamiento del Sistema Eléctrico mediante la Simulación en el programa



ETAP 12.6.1, a fin de establecer las mejores alternativas de servicio Eléctrico de la Planta de Producción.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

El beneficiario directo del proyecto es la fábrica de la Planta de Producción, ubicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus C.A.R.E.N de la carrera de Ingeniería Agroindustrial. Los beneficiarios indirectos son: los estudiantes, los trabajadores, así como también personas vinculados al sector eléctrico.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La planta de producción de Agroindustrias es una fábrica dedicada al procesamiento de derivados de lácteos y carnes en función a las necesidades de los estudiantes y al crecimiento de la demanda de alimentos procesados se dispone de un proyecto de una infraestructura pero no cuenta con el diseño ni la planificación del sistema eléctrico que permita adecuar los equipos eléctricos en la nueva área a implementarse por tal motivo se ve en la necesidad de realizar un diseño eléctrico que cumpla con las normas vigentes en nuestro país en el sector industrial.

Gracias al estudio de la carga instalada se puede determinar la potencia necesaria del Transformador, la cargabilidad de los conductores para el correcto funcionamiento en la Planta de Producción.

#### **6. OBJETIVOS:**

##### **General**

Dimensionar el sistema eléctrico de la nueva área a implementarse en la planta de producción mediante recopilación de información normas y análisis de la carga eléctrica para un óptimo funcionamiento del suministro eléctrico en la industria de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## Específicos

- Realizar una recopilación bibliográfica que direcciona la investigación del análisis de la demanda Eléctrica de la planta de producción.
- Analizar la carga eléctrica a instalarse de la nueva área a implementarse de la planta de producción de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Dimensionar el sistema eléctrico para la nueva área a implementarse de la planta de producción.
- Simular el sistema eléctrico propuesto dimensionado en ETAP 12.6.1 que se obtendrán con la nueva carga instalada. E iluminación en el software DIALUX 4,12.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

**Tabla 1:** Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVO	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA
<b>Objetivo 1:</b> Realizar una recopilación bibliográfica que direcciona la investigación del análisis de la demanda Eléctrica de la planta de producción.	Recopilar información bibliográfica sobre análisis de la Demanda en sistemas Eléctricos Industriales.	Creación base de consulta bibliográfica con contenidos relacionados al estudio de Sistemas Eléctricos	Investigación bibliográfica.  Establecer una lista de temas trascendentes para la investigación.  Buscar fuentes de consulta bibliográfica.  Analizar la información de trabajos anteriores relacionados con el tema y buscar los aportes y proceso metodológico que se empleó para resolver el problema
<b>Objetivo 2:</b> Analizar la carga eléctrica a instalarse de la nueva área a implementarse de la planta de producción de la Universidad	Levantamiento de parámetros eléctrico con el equipo eléctrico Fluker 1732, levantamiento de información de la nueva carga.	Determinación del tipo de carga instalada  Potencia KVA, KW, FP de cada tipo	Observación  Aplicación de cálculos

Técnica de Cotopaxi.	Determinación de tipo de carga	Horas de funcionamiento de los equipos a la semana	
<b>Objetivo3</b> Dimensionar el sistema eléctrico para la nueva área a implementarse de la planta de producción.	Normas aplicadas al diseño del Sistema Eléctrico	Cargabilidad de los conductores. Dimensionamiento de las protecciones	Modelación y simulación del sistema eléctrico.
<b>Objetivo 4:</b> Simular el sistema eléctrico en ETAP 12.6 que se obtendrán con la nueva carga instalada. E iluminación en el software dialux 4,12	Simulación del sistema eléctrico de fuerza en ETAP 12.6 y de iluminación en Dialux 4.12	Se determinó el comportamiento de la instalación, en condiciones normales de operación. Intensidades y potencias en todos los puntos de la instalación. Se determinó el tipo de iluminación por área de trabajo	Diseño del sistema eléctrico. Diagrama unifilar. Corrida de flujos. Iluminación de acuerdo a las normas NEC-10, y niveles de iluminación de a la norma UNE-EN 12464-1

**Elaborada por:** Los postulantes

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En la actualidad las industrias lácteas tienden a obtener una buena rentabilidad en el sector sierra centro con un alto índice de calidad de producto para el consumo y elaboración de derivados. El tener tarifas altas en los pagos en consumo Eléctrico es desfavorable para el crecimiento de las industrias lo que contribuye a pérdidas de energía en las diversas áreas de producción distribución y en las cargas instaladas.

## Estudio de la demanda eléctrica

Para el estudio de la demanda eléctrica es importante la clasificación de los consumidores, dado que los parámetros para el diseño están en función de la utilización de la energía asociada a la demanda por usuario y a su distribución en el área considerada, es necesario establecer una clasificación de consumidores de acuerdo a factores que determinan en forma general, la incidencia de la demanda sobre la red de distribución.

### Factor de demanda

Según (HAWKING Stephen, 1986) el factor de demanda es “La relación entre la demanda máxima del sistema y la carga total conectada a ella durante un intervalo de tiempo considerado.”

$$FD = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}} = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}}$$

Dónde:

$D_{\max}$  = Demanda máxima de instalación en KW o KVA

$P_{\text{inst}}$  =Potencia de carga conectada en KW o KVA

Según (Contrin, 2000, pág. 44)“**Factor de Demanda**, se define para un conjunto de receptores, como el cociente entre la potencia máxima demandada por el conjunto, y la potencia instalada correspondiente al mismo conjunto.”

**Tabla 2:** Factores de demanda para cada agrupación de motores

NUMERO DE MOTORES EN OPERACIÓN	FACTOR DE DEMANDA EN %
1– 10	70 - 80
11 – 20	60 - 70
21 – 50	55 - 60
51 – 100 > a 100	50 - 60

**Fuente:** Instalaciones eléctricas Industriales I (Dardo Fernández Guzmán)

### **Factor de carga.**

Según (Enegineering, 1959, pág. 67) define factor de carga como “Es la razón entre la demanda media durante un determinado intervalo de tiempo, y la demanda máxima registrada en el mismo periodo.”

El factor de carga es siempre mayor a cero y menor o igual a uno. El factor de carga mide el grado en el que la demanda máxima fue mantenida durante el intervalo de tiempo considerado, como también la energía está siendo utilizada en forma racional por parte de una determinada instalación.

Mantener un elevado factor de carga en el sistema significa obtener los siguientes beneficios:

- Optimización de la inversión de la instalación eléctrica
- Aprovechamiento racional y aumento de la vida útil de la instalación eléctrica, incluidos los motores y equipos.
- Reducción del valor de demanda pico.

El factor de carga se obtiene de la siguiente relación:

$$F_{cd} = \frac{D_{med}}{D_{max}}$$

Dónde:

$F_{cd}$  = Factor de Carga diaria

$D_{med}$  = Demanda media de periodo calculada a través de la integración de la curva de carga lo que equivale al valor del lado del rectángulo correspondiente al eje de la ordenada. El área del rectángulo es numéricamente igual al consumo de energía del periodo.

$D_{max}$  = Demanda máxima para un mismo período en KW

### **Factor de diversidad.**

Según (HAWKING Stephen, 1986, pág. 44) “Es el valor definido por la relación de la suma de las demandas máximas individuales de un grupo de cargas y la demanda máxima del grupo.”

Es un valor adimensional que a diferencia del factor de demanda, se obtiene un número mayor a la unidad. Esto se debe al consumo individual varia de una carga a otra mientras que la demanda máxima del conjunto de cargas por lo general es menos.

$$F_{DIV} = \frac{\sum D_{max}}{D_{max\ total}}$$

Dónde:

$F_{DIV}$  = Factor de diversidad.

$D_{max}$  = Demanda máxima de cargas individuales.

$D_{max\ total}$  = Demanda máxima total del conjunto.

### **Factor de simultaneidad.**

(JURADO, 2008, pág. 13) Explica que “Es una cantidad menor o igual a la unidad que se obtiene como el reciproco del factor de diversidad. Es factor que indica la operación de los equipos al mismo instante.”

$$Factor\ de\ simultaneidad = \frac{1}{Factor\ de\ diversidad}$$

(Contrin, 2000, pág. 44) Afirma que normalmente, la operación simultanea de todas las cargas de un sistema, nunca ocurre, apareciendo siempre determinado grado de diversidad, que se expresa para cada grupo de cargas, mediante el factor de simultaneidad. “El mismo se define como el cociente entre la demanda máxima del grupo j, y la suma de las demandas máximas de cada carga (i) del grupo j.

$$F_s = \frac{D_{mj}}{\sum_i D_i}$$

Dentro de una industria no se dispone de información precisa, es así que pueden manejarse los siguientes valores para el factor de simultaneidad:

1.- Para tableros de Distribución que alimentan determinado número de circuitos, se especifican los siguientes factores de simultaneidad, cuando no se conoce como se distribuye la carga total entre los circuitos.

**Tabla 3:** Factores de simultaneidad para tableros de distribución

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2 a 3	0.9
4 a 5	0.8
6 a 9	0.7
10 o más	0.6

**Fuente:** Instalaciones eléctricas Industriales I (Contrin, Ademaro. A. m. b)

Si las cargas son principalmente cargas de iluminación, es recomendable considerar factor de simultaneidad = 1

2.- Para grupos de cargas del mismo tipo, se especifican los siguientes factores:

**Tabla 4:** Factores de simultaneidad de un sistema

Tipo de carga	Factor de Simultaneidad
Iluminación	1
Calefacción y Aire Acondicionado	1
Toma corrientes	0,1 o 0,2
<b>Elevación y carga</b>	
motor mayor	1
2do motor	0,75
resto de los motores	0,6

**Fuente:** Instalaciones eléctricas Industriales I (Contrín, Ademaro. A. m. b)



Estos valores valen para más de 20 tomas. En industrias u otros casos puede ser mayor. La aplicación del factor de simultaneidad en instalaciones industriales debe ser precedida de un estudio minucioso a fin de evitar el sub dimensionamiento de los circuitos de los equipos. La tasa de variación de disminución del factor de simultaneidad en general depende de heterogeneidades de las cargas. El factor de simultaneidad es siempre menor a la unidad.

### Factor utilización

Según (HAWKING Stephen, 1986, pág. 110) “Es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada) en un intervalo de tiempo t”, es decir:

$$F_{util} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}} = \frac{D_{max}}{C_s}$$

El factor de utilización es la frecuencia con la que se usa la carga en un determinado tiempo.

(Contrin, 2000) Afirma que En condiciones de operación normal, la potencia consumida por una carga es algunas veces menor que la indicada como su potencia nominal, y para su cálculo se define el “**Factor de utilización** como el cociente entre la potencia efectivamente demandada por la carga, y la potencia nominal de la misma.”

$$F_u = \frac{P_e}{P_N}$$

**Tabla 5:** Factores de utilización

APARATOS	FACTOR DE UTILIZACION
Hornos	1
Secadoras, Calderas	1
Hornos de Inducción	1
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,7
Motores de 3 a 15 cv	0,83

Motores de 20 a 40 cv	0,85
Arriba de 40 cv	0,87
Rectificadores	1
Soldadores	1

**Fuente:** Instalaciones eléctricas Industriales I (Dardo Fernández Guzmán)

### **Factor de potencia.**

Según (SCHNEIDER, 2008, pág. 3) define como “El factor de potencia de una carga, que puede ser un elemento único que consume energía o varios elementos (por ejemplo, toda una instalación), lo da la relación de P/S, es decir, kW divididos por kVA en un momento determinado”, También se lo puede definir como el coseno del ángulo de fase existente entre el voltaje y la corriente cuando las ondas son sinusoidales puras. Matemáticamente se escribe:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

Dónde:

Cos  $\varphi$ : factor de potencia

P: Potencia activa en kW

S: Potencia aparente en kVA

El factor de potencia está comprendido entre 0 y 1 es un factor que si no se lo corrige provoca que se efectúen penalizaciones a la empresa distribuidora, el valor mínimo recomendado por el CONELEC es de 0,92.

### **Estimación de cargas eléctricas**

Según (JURADO, 2008, pág. 26) Expresa que “En un proyecto de instalaciones eléctricas un paso fundamental es la estimación de la carga que va a ser alimentada.”

La estimación de las cargas en las instalaciones industriales permite conocer la carga utilizada en el proceso de fabricación para el dimensionamiento apropiado de todos los elementos implicados y proyectar un costo general razonable de la instalación.

### **Sistemas eléctricos**

El sistema eléctrico de suministro de energía siempre esta enlazado por medio de componentes y elementos útiles para la generación, transportación de energía los cuales están limitados por mecanismos de control seguridad y protección.

(ENRIQUEZ, 1985, pág. 92)“Los sistemas eléctricos, ya sea una simple batería que opera una campana, o una compleja instalación industrial que alimenta a un gran número de lámparas y motores eléctricos y que tiene el propósito de producir alumbrado y hacer girar los motores para accionar bombas, ventiladores, transportadores, etc., o bien producir calor, tienen como propósito final desarrollar una potencia o producir un trabajo.”

El estudio de sistemas eléctricos industriales comprende la descomposición y análisis de cada uno de los elementos que los conforman, estos pueden ser transformadores, conductores, tableros y cargas, en cada uno de ellos se establecen parámetros e indicadores que nos permiten conocer el comportamiento de los mismos, con lo cual se pueden realizar diversos estudios ya sea de cada uno de los elementos así como de un sistema eléctrico integral.

### **Componentes de carga**

Son todos los componentes que se oponen al paso de la energía Eléctrica transformándole en luz calor o energía mecánica.

### **Motores eléctricos**

Un motor eléctrico es una máquina Eléctrica que transforma energía Eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. El motor es un elemento indispensable en una industria. Son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías.

Propiedades principales de los motores

- Velocidad de rotación

- Par de motor

Además de estos factores también se tienen en cuenta otros como son las condiciones de arranque la potencia absorbida y el factor de potencia

### **Clasificación de los motores**

- Motores de corriente continúa
- Motores de corriente alterna
- Motores universales

### **Alimentadores**

Los componentes de transporte son elementos que conducen la energía Eléctrica hacia las cargas los cuales son aéreos o subterráneos dependiendo del área en la que se aplique y de la capacidad a la que se instale en medio de estos componentes se pueden localizar elementos de protección y de seguridad para la protección de las cargas.

### **Especificaciones:**

Según (NEC, 2013, pág. 35) afirma que “La sección de los conductores de los alimentadores y sub alimentadores será, por lo menos, la suficiente para servir las cargas.” En todo caso la sección mínima permisible será No. 10 AWG (5.26 mm<sup>2</sup>).

La sección de los conductores de los alimentadores secundarios o circuitos derivados de iluminación será mínimo No. 14 AWG, y en circuitos de fuerza, calefacción o combinación de estos consumos será mínimo No. 12 AWG.

La sección de los conductores de los alimentadores y sub alimentadores será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal.

La sección de los conductores de los alimentadores secundarios y circuitos derivados será tal que la caída de voltaje provocada por la corriente máxima que circula por ellos no exceda del 3% del voltaje nominal.

Sin embargo, la caída de voltaje total en el punto más desfavorable de la instalación no debe exceder del 5% del voltaje nominal.

### **Dimensionamiento del neutro**

El conductor neutro de un alimentador se dimensionará según el siguiente criterio:

El neutro de alimentadores monofásicos tendrá la misma sección del conductor de fase.

El neutro de alimentadores Trifásicos que sirvan Cargas Lineales tales como alumbrado incandescente, calefacción y fuerza, se dimensionará de modo tal que su sección sea a lo menos igual al 50% de la sección de las fases.

### **Equipo de medición**

Las mediciones Eléctricas son los métodos, dispositivos y cálculos usados para medir cantidades Eléctricas. La medición de cantidades Eléctricas puede hacerse al medir parámetros eléctricos de un sistema.

Estos equipos de medición pueden ser analógicos y digital cualquiera de ellos se puede utilizar en la toma de parámetros de eléctricos de una industria.

### **Aspectos de protecciones**

Las protecciones eléctricas es una parte primordial de todo nuestro sistema eléctrico ya que evitan daños a los equipos por fallas de cortocircuitos y sobrecargas en los conductores seleccionados y además así garantizamos proteger la vida útil de los mismos.

Características de sistemas de protecciones.

#### **Sensibilidad.**

Es una característica que debe operar para cualquier tipo de falla el cual deben ser inalterables para fallas fuera de la zona de protección.

#### **Selectividad**

Es la que discrimina la ubicación de fallas, significa que saca de servicio solo a los equipos que están fallando, con la continuidad de servicio para el resto de circuitos.

### **Velocidad.**

Este tipo de parámetro nos indica que debe asilar la falla al menor tiempo posible ya que se pueden producir daños a los equipos en funcionamiento.

### **Dimensionamiento de las protecciones**

Para el dimensionamiento del sistema de protecciones eléctricas, para los circuitos de iluminación y fuerza, lo hacemos en base a la siguiente ecuación, refiriéndonos a la máxima corriente y la máxima potencia de carga.

- Se calcula la corriente en Amperes, a partir de la Ley de ohm , este valor se le denomina Corriente Nominal ( $I_n$ ).

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \times f_p}$$

Dónde:

**P**= Potencia Activa

**$I_n$** = corriente nominal

**V**= voltaje entre fases

**$f_p$** = factor de potencia

- Calculo de la protección contra corto circuito (interruptor individual).

$$I_{et} = I_n \cdot 1.25$$

Dónde:

**$I_{et}$**  = Corriente del elemento térmico

**$I_n$**  = Corriente Nominal

## Sistema de iluminación

### Magnitudes luminotécnicas y su relación

Según (CATALOGO i. e., 2012, pág. 3) Las principales magnitudes y unidades luminotécnicas empleadas en el estudio y acondicionamiento de la iluminación en los puestos de trabajo son:

**Tabla 6:** Magnitudes luminotécnicas

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
Flujo luminoso	Lumen	$\Phi$
Intensidad Luminosa	Candela	I
Nivel de iluminación	Lux	E
Luminancia	Candela/m <sup>2</sup>	L

**Elaborado por:** Los Postulantes

### Flujo luminoso (LUMEN)

Según (CATALOGO i. e., 2012, pág. 3) Teniendo en cuenta que la luz es la radiación visible apreciada de acuerdo con la sensibilidad del ojo humano, el flujo luminoso se define como la cantidad de energía luminosa radiada por una fuente en cada segundo. Es decir, el flujo luminoso es la potencia de la energía luminosa radiada por la fuente.

$$\mu = \frac{\phi}{w} \text{ en lumenes o en watios}$$

### Nivel de iluminación o iluminancia (LUX)

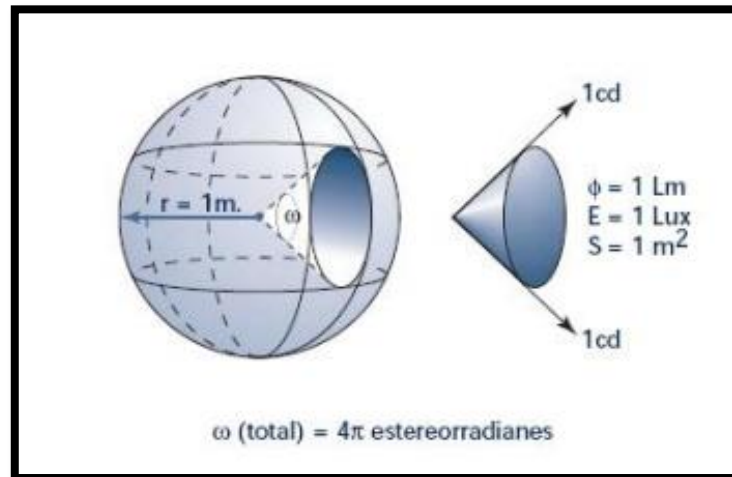
Según (CATALOGO i. e., 2012, pág. 3) Se define como el nivel de iluminación de una superficie de un metro cuadrado cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo luminoso de un lumen.

$$E = \frac{\phi}{s}$$



Para ello se toman como referencia las tablas de niveles de iluminación existentes para distintos tipos de actividades. Intensidad luminosa (candela) La intensidad luminosa de una fuente de luz sólo se puede expresar referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido.

**Figura 1:** Nivel de iluminación lux

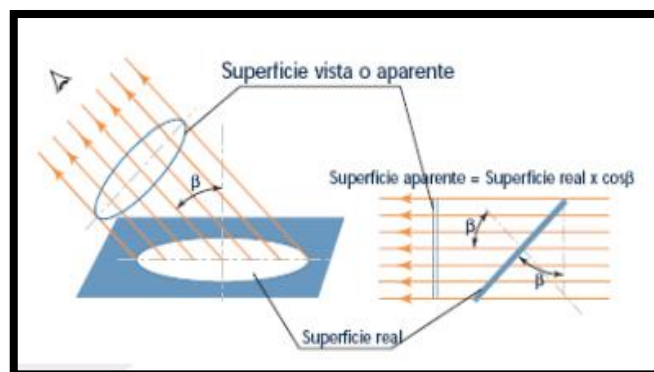


Elaborado por: Los Postulantes

### Luminancia (candelas/m<sup>2</sup>)

Según (CATALOGO i. e., 2012, pág. 6) La luminancia, o brillo fotométrico, es la magnitud que sirve para expresar el brillo de las fuentes de luz o de los objetos iluminados y es la que determina la sensación visual producida por dichos objetos. Esta magnitud es de gran importancia para evaluar el grado de deslumbramiento.

**Figura 2:** Luminancia



Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 7:** Luminancia de fuentes de luz

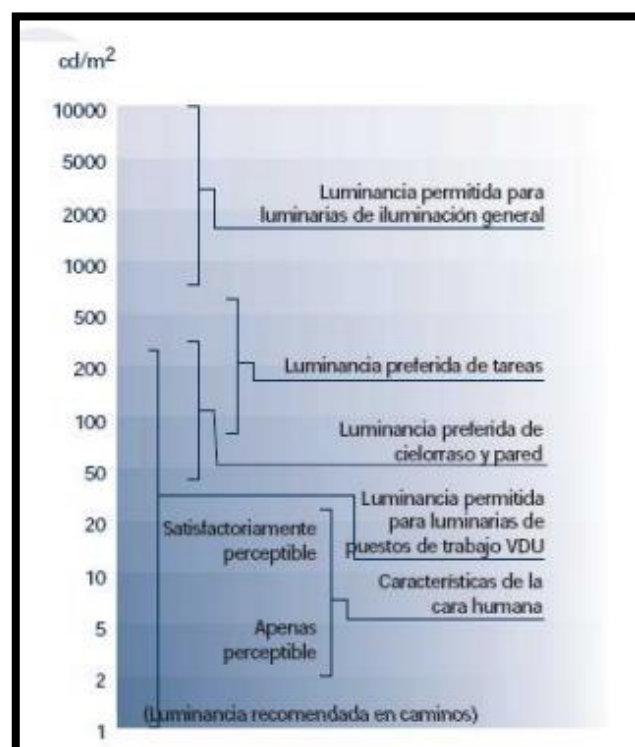
<b>LUMINANCIA TÍPICA DE ALGUNAS FUENTES DE LUZ</b>	
Luna	0,25 cd/cm <sup>2</sup>
Cielo despejad	0,3 a 0,5 “
Llama de una vela	0,8 “
Lámpara fluorescente	0,8 “
Lámpara de mercurio de alta presión	11 “
Filamento de lámpara incandescente	500 a 1.000 “
Sol	150.000 “

**Fuente:** Catalogo iluminación puesto de trabajo

**Elaborado por:** Los Postulantes

### Control de luminancias en el campo visual

Según (CATALOGO i. e., 2012, pág. 15) Para garantizar el mencionado equilibrio de luminancias en el puesto de trabajo es importante controlar los valores de luminancia del techo y de las paredes. En general, para el diseño del alumbrado en interiores se emplea la siguiente escala de luminancias.

**Figura 3:** Luminancia en el campo visual

**Fuente:** Catalogo iluminación puesto de trabajo

## Elección de las fuentes de luz y del tipo de iluminación

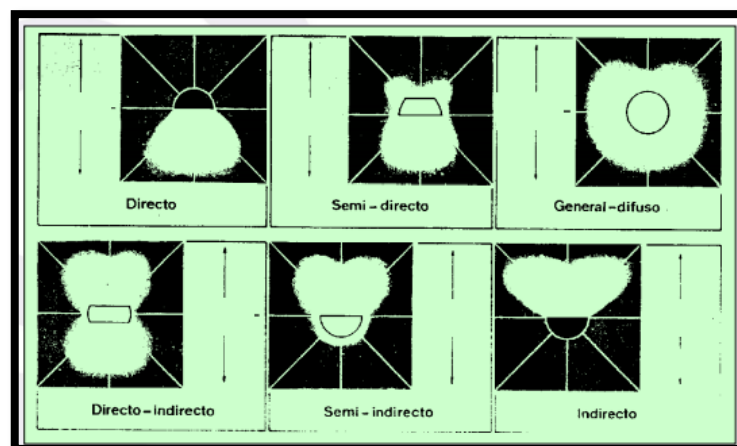
Una vez conocidas las exigencias visuales de la tarea y los requisitos del medio ambiente visual debemos escoger el sistema de iluminación más adecuado a nuestras necesidades. Para ello, es necesario conocer las principales características de las lámparas y de las luminarias que podemos utilizar. Prácticamente la totalidad de los factores que configuran el medio ambiente visual dependen de tres aspectos:

- a) De las características de las lámparas empleadas
- b) De las características de las luminarias
- c) De las características del local y del entorno

### Luminarias

Según (CATALOGO i. e., 2012, pág. 31) Son “aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación”. Mediante los elementos que integran la luminaria es posible distribuir adecuadamente el flujo de luz de las lámparas y determinar la proporción de luz directa o indirecta requerida. De forma análoga, las luminarias permiten ocultar el cuerpo brillante de las lámparas evitando así el deslumbramiento.

**Figura 4:** Tipos de iluminación



**Fuente:** Catalogo iluminación puesto de trabajo

### **La iluminación directa**

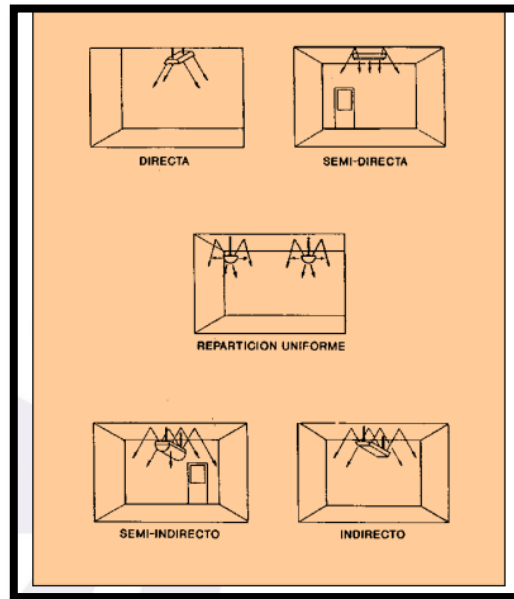
Se suele utilizar cuando se requieren altos niveles de iluminación en la zona de trabajo, por ejemplo, con iluminación localizada. Este sistema resulta económico pero produce sombras duras y aumenta el riesgo de deslumbramiento. Por otra parte, el sistema de iluminación directa presenta el inconveniente de dejar en sombra los techos y las paredes del local pudiendo originar grandes desequilibrios de luminancia.

### **Iluminación semi-directa**

En este caso la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia la zona que se desea iluminar pero una pequeña parte se envía hacia el techo o las paredes con el fin de obtener una cierta componente de iluminación indirecta reduce el riesgo de deslumbramiento y el desequilibrio de luminancias entre la zona de trabajo con respecto al techo y las paredes. Muy utilizado en locales de oficina y de talleres en general.

### **Iluminación uniforme**

Con este sistema de iluminación el flujo luminoso se distribuye en todas las direcciones de manera que una parte de él llega directamente a la tarea mientras el resto se refleja en el techo y las paredes. En general el efecto producido por este sistema de iluminación es agradable, dado que proporciona una distribución armoniosa de luminancias en todo el campo visual. Este tipo de iluminación también está indicado para locales de oficina y otras actividades diversas.

**Figura 5:** Tipo de iluminación

**Fuente:** Catalogo iluminación puesto de trabajo

### Analizador Trifásico 1735

Según (CATALOGO A. T., 2016, pág. 1) El registrador Fluke 1735 es el medidor de potencia ideal para los electricistas o técnicos, ya que permite realizar estudios de la energía Eléctrica y registros de datos básicos de la calidad Eléctrica. Configure el registrador en segundos gracias a su pantalla en color y a sus sondas de corriente flexibles. Además, el analizador de calidad Eléctrica es capaz de medir la inmensa mayoría de los parámetros de energía Eléctrica y armónica, y de capturar eventos de voltaje.

**Figura 6:** Analizador FLUKE 1735

**Fuente:** Catalogo FLUKE 1735 POWER LOGGER

## **Aplicaciones**

- Estudios de carga: verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de añadir ninguna carga
- Evaluaciones de energía: calcule el consumo antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía
- Medidas de armónicos: identifique los problemas de armónicos que pueden dañar o afectar a equipos fundamentales
- Captura de eventos de voltaje: supervise las fluctuaciones que provocan falsos reinicios o disparos inesperados del interruptor automático

## **Software de simulación**

El crecimiento y la innovación de la tecnología han permitido sistemas informáticos, como una herramienta fundamental para el análisis sistemas eléctricos. En el presente trabajo se ha utilizado diferentes programas para que los dimensionamientos de los diferentes equipos eléctricos cumplan con su función.

### **Software para simulación ETAP**

Según (ETAP Powering Success, 2015, pág. 1) ETAP es una herramienta para el análisis de sistemas eléctricos de potencia, la cual ofrece un software compuesto por una suite de soluciones completamente integradas para aplicaciones relacionadas con arco eléctrico, flujo de potencia, corto circuito, coordinación de relés, capacidad en cableados, estabilidad transitoria, entre otros. Por su parte, la versión ETAP Real-Time es una suite software totalmente integrada de aplicaciones para el sector eléctrico que ofrece funciones de supervisión inteligente de energía, gestión de energía, optimización de sistemas, automatización avanzada y la predicción en tiempo real.

Dentro de sus múltiples opciones se puede destacar el módulo Descarga de Baterías y Dimensionamiento, el cual permite seleccionar el banco de baterías más adecuado, verificar la capacidad máxima de las baterías existentes y simular fácilmente un sistema de respaldo, seguridad, control, El cual permite realizar las siguientes características.

- Flujo de carga (estudio de demandas).

- Cortocircuito.
- Coordinación de protecciones.
- Armónicos.
- Estabilidad transitoria.
- Dimensionamiento de cables y transformadores.
- Malla puesta a tierra.

### **Software de iluminación Dialux**

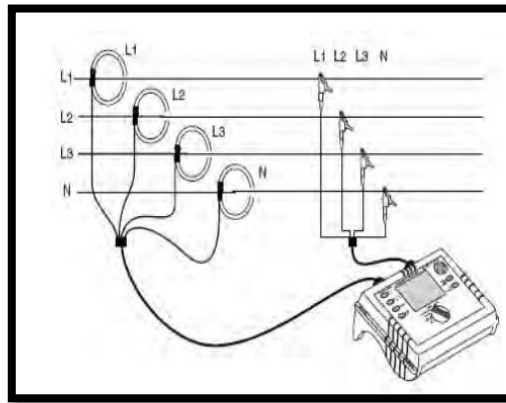
Según (DIAL, 2016, pág. 1) Es un software que permite crear proyectos de iluminación profesionales, facilita la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. Posibilita un análisis cuantitativo sencillo de un proyecto, y además cuenta con una funcionalidad sencilla lo cual es muy útil para cálculos de iluminación interior, exterior y vial.

### **Levantamiento de parámetros eléctricos**

Para realizar el levantamiento de parámetros eléctricos se utilizó el equipo ANALIZADOR DE CARGA FLUKE POWER LOGGER 1735, que fue instalado en el Tablero principal de Transferencia ya que ésta es el área de mayor facilidad para tomar las medidas de los parámetros eléctricos, el mismo que permite obtener parámetros como potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, voltaje, corriente, frecuencia, factor de potencia. A continuación se enuncia las características del analizador de carga Fluke 1735:

#### **Características**

- Disponible como instrumento de una sola fase o tres fases.
- Tres canales de voltaje y cuatro de corriente.
- Prolongada capacidad de históricos.
- Grabación de armónicos de corriente y voltaje.
- Presentación simultanea de todos los parámetros de potencia para la estimación rápida.

**Figura 7:** Forma de conexión de equipo

Fuente: catalogo FLUKE 1735 POWER LOGGER

## 9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS:

El análisis de la carga eléctrica, permitirá realizar el diseño del sistema eléctrico necesario para suministrar de energía a la nueva carga a implementarse en la planta de producción de la UTC.

### Operacionalización de las variables

#### Variable independiente

Análisis de la carga eléctrica.

**Tabla 8:** Operacionalización de las variables independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Se define como la carga medida en los terminales del receptor en un intervalo de tiempo, expresada en kW o kVA, KVAR, A o porcentajes de demanda máxima, a un Factor de potencia determinado.	<p>Dimensionamiento de la capacidad de los conductores, Transformador</p> <p>Representación de carga de la instalación</p> <p>Demanda de energía eléctrica del en la planta de producción agroindustrial de la UTC</p>	<p>Curvas de carga</p> <p>Demanda mínima y máxima.</p>	<p>Potencia [W]</p> <p>Potencia [W]</p>	<p>Observación</p> <p>Entrevista</p> <p>Recolección de información (censo de carga)</p>

Elaborado por: Los Postulantes



### Variable dependiente

El diseño del sistema eléctrico necesario para suministrar de energía a la nueva carga a implementarse en la planta de producción de la UTC.

**Tabla 9:** Operacionalización de las variables dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El diseño eléctrico es representar elementos necesarios para llevar la energía desde el tablero principal hasta los puntos de consumo de equipos y dispositivos instalados en la planta agroindustrial	Análisis del sistema eléctrico general de la planta	Caídas de voltaje [ $\Delta V$ ].  Cargabilidad de los conductores.	Voltaje [V]	Entrevista
	Identificación de cargas a conectarse.	Características de las cargas	Corrientes [A]	Simulación
	Variación del sistema eléctrico al incorporarse nueva carga.	Nivel máximo, mínimos. De potencias	Potencia [KVA]  Luxes [lux]	Comparación de resultados
	Iluminación			Simulación

**Elaborado por:** Los Postulantes

## **10. METODOLOGIA Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **Métodos de investigación**

#### **Método inductivo - deductivo.**

El método inductivo - deductivo permitirá un análisis individual de las carga que se van a instalarse en la planta agroindustrial, con esto verificaremos si el Transformador está en la capacidad de asumir más carga con la que cuenta en la actualidad.

#### **Método analítico.**

Con la ayuda de este método se realizó un análisis de las cargas proyectadas a implementarse en la planta de producción de la UTC obteniendo así los parámetros necesarios ingresados en el software de simulación.

La simulación del sistema eléctrico generará resultados, que permitan conocer el comportamiento del sistema en cada área donde se presente información del diseño la cual nos permitirá obtener valores del estudio realizado.

### **Tipos de investigación**

#### **Investigación bibliográfica**

La presente investigación se la realizo mediante una búsqueda bibliográfica, libros, folletos, páginas web, etc. donde se obtuvo un conocimiento más amplio en lo que se refiere un análisis de demanda para un correcto diseño eléctrico.

#### **Investigación exploratoria**

Con este método se logró conocer el espacio que será utilizado para la implementación y conexión de la carga, y la exigencia que amerita un diseño eléctrico seguro, económico, flexible y confiable.

### **Investigación descriptiva**

Se utilizó esta Técnica para detallar las cargas más representativas y que encuentren ubicadas en las distintas secciones productivas a la cual se aplicara el suministro de energía eléctrica.

### **Técnicas de investigación**

#### **Observación directa**

Se utilizó este método para tener contacto directo con la infraestructura, de la planta agroindustrial donde se ubicará el, tablero principal, tablero secundarios y conocer el espacio físico que ocupan la planta industrial para identificar los lugares estratégicos en donde se ubicara la nueva maquinaria a instalarse.

### **Instrumentos de investigación**

#### **Fichas de observación**

Este instrumento ayuda al registro de información de los equipos como es potencia, voltaje, factor de potencia, rendimiento, corriente. Estos datos son necesarios para analizar y simular el sistema eléctrico de la planta agroindustrial en general, en el software ETAP 12.6.0.

## **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En el presente proyecto se establece el dimensionamiento del diseño del sistema eléctrico de la nueva planta de producción de la UTC que deberá cumplir las necesidades de la planta de producción, oficinas, en cual se desarrolla una serie de pasos, métodos y cálculos que comprenden una extensión que va desde la obtención de la carga eléctrica, sistemas de iluminación, sistema de fuerza, determinación de los tableros de distribución, determinación de la puesta a tierra de los mismos, planos eléctricos.

Al momento de realizar este proyecto de diseño del sistema de instalaciones eléctricas, se comprobó por medio de una serie de cálculos que todos los sistemas diseñados cumplan con los parámetros establecidos por las normas. Es necesario determinar los cálculos y resultados como soporte técnico del sistema eléctrico efectuado para la nueva planta de producción de la UTC.

### **Análisis del sistema de distribución primario**

El sistema de distribución primario tiene un nivel de voltaje de 13.8 kV siendo su alimentador de tipo radial.

A continuación se realiza una descripción de la SUBESTACIÓN SALCEDO que suministra de energía eléctrica a la Planta de Producción de la UTC.

#### **Subestación Salcedo**

La S/E salcedo se encuentra instalado al exterior perteneciente a la empresa ELEPCO, está ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, en el sistema de distribución consta con el número de subestación S/E 03 que dispone de un transformador de potencia en su lado primario se alimenta de 69 kV transformando al lado secundario a 13.8 kV, tiene una capacidad instalada de 10 MVA y presenta cuatro alimentadores a un nivel de voltaje de 13.8 kV.

- Alimentador Norte Oriente de Salcedo
- Alimentador Centro de Salcedo
- Alimentador Sur
- Alimentador Occidente de salcedo

El transformador convencional trifásico de la Fábrica de la UTC está conectado al alimentador Norte – Oriente de Salcedo, la red eléctrica es trifásica y con conexión de fases (ABC). Estos datos obtenidos de la red eléctrica y de la subestación serán ingresados en la fuente de potencia para la simulación del sistema eléctrico de la Planta de Producción en el programa ETAP 12.6.0.

### Datos del Transformador Convencional Trifásico

El suministro eléctrico principal proviene desde la red pública de la Empresa Eléctrica ELEPCO S.A a través de un Transformador Trifásico con numeración 7136 sumergido en aceite que se muestra en la **figura: 8** y ubicado en poste de hormigón de 12m\*500kg con numeración 138974, con los siguientes datos de placa.

**Tabla 10:** Datos del Transformador

DATOS DEL TRANSFORMADOR	
POTENCIA	30KVA
NUMERO DE FASES	3
VOLTAJE PRIMARIO	13,8KV
VOLTAJE SECUNDARIO	220/127
CORRIENTE NOMINAL	78/136

**Elaborado por:** Los Postulantes

**Figura 8:** Transformador Trifásico sumergido en aceite



**Elaborado por:** Los Postulantes

### Levantamiento de carga en la Planta de Producción de la UTC.

Para realizar el levantamiento de carga en la Planta de Producción se tomó en consideración los equipos eléctricos existentes, se consideró también el sistema de iluminación, mediante este levantamiento de información de parámetros eléctricos de placas de motores e iluminación nos permite realizar varios estudios mediante el software ETAP 12.6.0 y el software DIALux 4.12.

### Potencias instaladas en la Planta de Producción

Se determinó las diferentes cargas existentes en la Planta de Producción, las distintas áreas en las cuales se encontraron motores y cargas puntuales, dicha información se recopiló mediante el personal encargado de la fábrica.

De los datos de placa de los equipos instalados en la Planta de Producción se obtuvo la potencia actual de cada uno de estos equipos, en caso de no existir placas, se obtuvo de los catálogos de motores y mediante equipo de medición, la facilidad y la organización de recopilación de datos se tendrá que dividir por áreas como se puede apreciar en la tabla 10.

Existen varias instalaciones en la fábrica que por la hermeticidad de los equipos no se localizó las potencias de datos exactos, pero lo que se realizó fue una toma de amperaje en el momento de su funcionamiento, con esta medición de la corriente y el voltaje que está instalado se pudo obtener la potencia en varios de estos equipos, en otros casos, la altura fue uno de los inconvenientes para que no se pudiera recopilar dichas potencias y la accesibilidad en las áreas de trabajo eran muy dificultosas, puesto que estos datos fueron tomados en horas laborables en la Planta de Producción.

En algunos motores por el tiempo de uso y el deterioro de sus placas de datos no fue posible recopilar dicha información, pero lo que se realizó fue mediciones en su caja de conexión, en la tabla se podrá apreciar las diferentes áreas en que se encuentran instalados cada motor, también parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia activa, potencia aparente, HP, frecuencia y factor de potencia, se localizará el rendimiento de algunos motores y la totalidad de cada uno de ellos para saber un estimado de cuanta carga se tiene instalada si se trabajara a plena carga.

**Tabla 11:** Potencias instaladas en la Planta de Producción de la UTC

ÁREA	TIPO	CAN.	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS							
			SERIE	KVA	KW	AMP	HP	VOLTAJE	HZ	FP
LÁCTEOS	DESCREMADORA	1	BQL922	2,3	1,49	10,32	2	220/127	60	0,83
	ENFUNDADORA	1	NA	1,2	0,75	5,43	1	220/127	60	0,81
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	2	NA	4,3	2,98	19,62	4	220/127	60	0,84

	PASTEURIZADORA A PLACAS	1	NA	2,3	1,49	17,87	2	220/127	60	0,83
	DESTILADOR DE AGUA	1	BOE-8707500	0,63	0,37	2,87	0,5	220	60	0,79
	CAMARA FRÍA	1	NA	2,3	1,49	10,32	2	220/127	60	0,83
	BATIDORA	1	NA	1,1	0,56	5,04	0,8	220/127	60	0,8
	ILUMINACIÓN	15	NA	0,75	0,75	6,825	1	127	60	1
YOGURT	ENVASADORA	1	NA	1,4	0,75	6,46	1	220/127	60	0,81
	YOGURTERA	1	NA	2,7	1,49	12,28	2	220/127	60	0,83
	BOMBA	1	NA	1,1	0,56	5,04	0,8	220/127	60	0,8
FRUTAS	BALANZA ELÉCTRICA	1	NA	0,25	0,25	2,25	0,3	127	60	1
	DESHIDRATADOR	1	NA	3,3	2,24	15,02	3	220/127	60	0,84
	SELLADORA DE FUNDAS	1	NA	1,2	0,75	5,43	1	220/127	60	0,81
	MARMITA CONCENTRADORA	1	NA	3,8	2,24	17,32	3	220/127	60	0,84
	DESPULPADORA	1	A12124	3,7	2,24	16,8	3	220/127	60	0,84
	TANQUE DE ESCALDADO	1	NA	2,6	1,49	11,7	2	220/127	60	0,83
	ILUMINACIÓN	12	NA	0,6	0,6	5,46	0,8	127	60	1
CARNICOS	BALANZA ELÉCTRICA	1	NA	0,25	0,25	2,25	0,3	127	60	1
	MEZCLADORA	1	NA	2,7	1,49	12,28	2	220/127	60	0,83
	EMBUTIDORA	1	NA	2,1	1,12	9,45	1,5	220/127	60	0,82
	CUTTER	1	NA	2,7	1,49	12,28	2	220/127	60	0,83
	EMPACADORA AL VACÍO	1	NA	1,1	0,56	5,04	0,8	220/127	60	0,8
	CIERRA CIRCULAR	1	NA	1,4	0,75	6,5	1	220/127	60	0,81
	MOLINO	1	NA	3,8	2,24	17,3	3	220/127	60	0,84
	TANQUE DE ENFRIAMIENTO	1	NA	1,1	0,56	5,04	0,8	220/127	60	0,8
	CAMARA DE AHUMADO	1	NA	1,4	0,75	6,46	1	220/127	60	0,81
	ILUMINACIÓN	15	NA	0,75	0,75	6,825	1	127	60	1
MAQUINARÍA	BANCO DE HIELO	1	NA	1,4	0,75	6,46	1	220/127	60	0,81
	COMPRESOR	1	19TFB4042	4	2,76	18,25	3,7	220/127	60	0,84
	CALDERO	1	NA	2,3	1,49	10,32	2	220/127	60	0,83
OFICINA	ILUMINACIÓN	3	NA	0,096	0,096	0,873	0,1	127	60	1
VESTIDORES, BAÑO, LABORATORIO	ILUMINACIÓN	7	NA	0,35	0,35	3,185	0,5	127	60	1
BOMBEO	BOMBA DE AGUA	1	FL501CS	4,6	2,76	12,07	3,7	220/127	60	0,84
TOTAL				65,58	40,64	310,6				

Elaborado por: Los Postulantes

### Análisis y medición de parámetros eléctricos

Los registros de los datos medidos con el analizador de carga Fluker 1735 se lo realizo mediante vigencia de Regulación de Calidad y servicios Eléctricos de Distribución, los registros se realizó en intervalos de 10 min durante 7 días continuos en el tablero principal de distribución de bajo voltaje a 220v/127v.

En las siguientes tablas se muestran los valores mínimos, máximos y promedios de los principales parámetros eléctricos obtenidos durante los siete días de medición, para lo cual se procedió a instalar el equipo en el tablero principal, el equipo instalado se muestra en la **figura 9**.

**Figura 9:** Conexión del analizador de carga PowerLoggerFluke 1735



Elaborado por: Los Postulantes

### Análisis de potencia aparente en (kva)

**Tabla 12:** Mediciones de potencia aparente en kVA durante un día laborable

MEDIDA DE POTENCIA EN KVA DE UN DIA LABORABLE			
DESDE		19/04/2016 '1:00:00'	
HASTA		20/05/2016 '1:00:00'	
		VA	KVA
POT TOTAL	PROMEDIO	6058.10276	6.05810276
	MINIMO	2769.81817	2.76981817
	MAXIMO	17934.5455	17.9345455

Elaborado por: Los Postulantes



### Análisis de potencia reactiva en (kvar)

**Tabla 13:** Mediciones de potencia reactiva en KVAR durante un día laborable

MEDIDA DE POTENCIA EN KVAR DE UN DIA LABORABLE			
DESDE		19/04/2016 '1:00:00'	
HASTA		20/05/2016 '1:00:00'	
		VAR	KVAR
POT TOTAL	PROMEDIO	2689.0909	2.6890909
	MINIMO	162.545167	0.16254517
	MAXIMO	1305.17	0.130517

**Elaborado por:** Los Postulantes

Los datos obtenidos indican que la potencia promedio reactiva requerida en la planta de producción de la UTC hacia la Empresa Eléctrica ELEPCO SA es de 2,69 kVAR. Tomando en cuenta que este valor es de un solo día laborable de la planta de producción de agroindustrias. Pero habrá horas en la cual la empresa necesitará de una potencia reactiva máxima de 12 KVAR, de la misma manera en el período de tiempo en análisis se necesitará de una potencia mínima de 0,16 KVAR.

### Potencia activa durante un día laborable

**Tabla 14:** Mediciones de potencia activa en kW

MEDIDA DE POTENCIA EN KW DE UN DIA LABORABLE			
DESDE		19/04/2016 '1:00:00'	
HASTA		20/05/2016 '1:00:00'	
		W	KW
POT TOTAL	PROMEDIO	3273	3.273
	MINIMO	2101	2.101
	MAXIMO	27105	27.105

**Elaborado por:** Los Postulantes

### Análisis de valores del factor de potencia (FP)

**Tabla 15:** Mediciones de factor de potencia

MEDIDA TOTAL DE FACTOR DE POTENCIA	
DESDE	11/04/2016 '1:00:00'

HASTA		22/05/2016 '1:00:00'
POT TOTAL	PROMEDIO	0.857958493
	MINIMO	0.674
	MAXIMO	0.857918211

Elaborado por: Los Postulantes

### Factor de potencia durante un día laborable

**Tabla 16:** Mediciones de factor de potencia

MEDIDA TOTALES DE FACTOR DE POTENCIA		
DESDE		19/04/2016 '1:00:00'
HASTA		20/05/2016 '1:00:00'
POT TOTAL	PROMEDIO	0.870381944
	MINIMO	0.704
	MAXIMO	0.870381944

Elaborado por: Los Postulantes

### Penalización por bajo factor de potencia

Cuando el factor de potencia tenga un valor inferior a 0.92, el suministrador de energía eléctrica tendrá derecho a cobrar al usuario una penalización o cargo. La penalización por bajo Factor de Potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, Demanda, pérdidas en Transformadores y comercialización multiplicada por el siguiente factor:

$$Bfp = \left( \frac{0.92}{fpr} \right) - 1$$

Dónde

Bfp: = Factor de penalización por bajo factor de potencia

Fpr= Factor de potencia registrado

### Cargabilidad de conductores

Los conductores son componentes de un sistema eléctrico que están limitados por la cantidad de corriente que pueden transportar debido al calentamiento del aislamiento que los rodea, en

tal virtud se pueden presentar problemas a largo plazo como cristalización y perforación del aislamiento debido a las sobrecargas a las que pueden estar sometidos tales conductores.

De acuerdo a (Weedy, 1981, pág. 328) un conductor puede estar sometido a sobrecargas debido a:

- Cortocircuitos.
- Carga cíclica.
- Cargas de emergencia de corta duración.

Debido a las fluctuaciones de las cargas conectadas al sistema se crea una variación de la capacidad de corriente, por lo que es necesario disponer de datos actualizados de cargabilidad de las acometidas de la fábrica.

### **Sistema eléctrico**

El flujo del servicio eléctrico se alimenta de la red de distribución primaria, de la ELEPCO .SA cuya red es aérea y Trifásica. La acometida para la alimentación será tomada de la derivación del circuito 13.8 KV, de alimentación

La acometida desde el Transformador hacia la fábrica es Subterráneas con el tipo de conductor THHN 1/0 AWG con un voltaje de 220/127 V.

Su protección principal será un interruptor termo magnético, Trifásico de 200 A.

### **Transformador**

El Transformador, tiene como finalidad suministrar la energía a los equipos con valores de voltaje proporcionales, y de acuerdo de las necesidades del sistema eléctrico, a la cual suministra de energía, a continuación se detalla el protocolo de pruebas de un Transformador trifásico de 30 KVA emitido por la industria Ecuatran.

### **Diagrama unifilar.**

Se realizara el diagrama unifilar para el análisis del flujo de carga, con la cual se suministra actualmente la energía en la Planta Agroindustrial, se realizó el plano unifilar, de acuerdo a los datos de placa y cálculos aproximados de los parámetros eléctricos de las maquinarias existentes.

Dentro del diagrama unifilar se representó, gráficamente los elementos del sistema eléctrico, desde la fuente de alimentación, transformador, tableros, circuitos alimentadores, motores y cargas puntuales así se observa el sistema eléctrico de la fábrica.

El diagrama unifilar de la Planta Agroindustrial esta dividió en circuitos cada una con su área el área de lácteos, área de yogurt, área de frutas y área de cárnicos. Existe un circuito externo que no pertenece al sistema eléctrico pero se alimenta de transformado es una bomba de agua perteneciente a los edificios de la universidad, para la simulación se tendrá presente todas las potencias instaladas.

El diagrama unifilar se realizó su diseño en el programa ETAP 12.6.0., fue necesario el levantamiento de información de los equipos para determinar sus parámetros de placa, que posteriormente fueron ingresados y cargados al programa.

El diseño del diagrama unifilar se lo realizo desde la red eléctrica o fuente trifásica, pasando por el seccionador tipo cuchilla por el transformador trifásico de 30 kVA convencional reduciendo su voltaje a 220v 3 fases en bajo voltaje, llegando a los fusibles NH1 y al sistema de medición de la ELEPCO, del sistema de medición por medio de cable THHN 1/0 AWG se conecta al tablero principal a un breaker de caja moldeada de 200 A y a un Transformador de corriente, las 3 fases ABC se conectan a tres breaker de caja moldea, cada breaker protege al circuito designado por áreas.

El diagrama unifilar de la Planta Agroindustrial se puede observar en el **ANEXO 1**.

### **Estudio de carga**

Para el estudio de carga se ejecutó cálculos para establecer el sistema de fuerza, como el dimensionamiento del calibre de los conductores de acuerdo a la capacidad de corriente y caída de voltaje, se estimó la demanda eléctrica consumida en cada uno de los tableros

secundarios y los sub tableros y la demanda eléctrica total de la planta industrial, todo en función de la carga conectada según el diseño proyectado.

En el de iluminación se emplearon cálculos necesarios, para determinar la carga eléctrica, tomando en cuenta el número, tipo y características de luminarias para determinar el cálculo de conductores y protección.

### **Descripción del Sistema de iluminación y fuerza.**

Para los circuitos de iluminación se proyecta con potencia de la lámpara fluorescente de 80W para la nueva área en general que costa de 4 lámparas por luminaria, Para el dimensionamiento del sistema de iluminación se en cada área se ha tomado en cuenta el nivel de iluminación recomendado, el tipo de luminaria, arquitectura y espacio, el conductor que alimentara al sistema de iluminación se ha determinado de acuerdo carga eléctrica, tomando como referencia un conductor N° 12 AWG de tipo THW de Cobre.

Para los circuitos de tomacorrientes se proyectan a tres hilos, compuesto de fase neutro y puesta a tierra para el área en general, se instalaran a 0,40 m sobre el nivel del piso, para el caso de los comedores y exista mesones, lavamanos se instalaran a una altura de 0,80 m sobre el nivel del piso, se consideró a conectarse una carga de 200 W por tomacorriente, los diferentes circuitos de fuerza está dimensionado para una carga de 2000W para lo cual el conductor que alimentara el sistema será el N° 12 AWG de tipo THW de Cobre. Los tomacorrientes utilizados dentro de este sistema son 15 A polarizados.

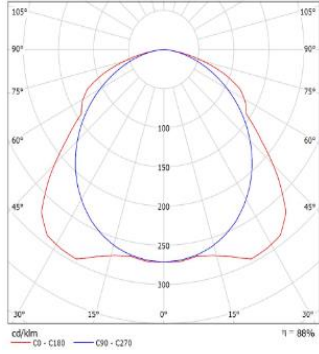

Para los circuitos de tomacorrientes utilizados dentro de la planta de producción están compuesto de tres hilos fase, neutro y puesta a tierra, para el uso exclusivo de equipos con voltaje de maniobra se 127 V, estará instalado de acuerdo a las necesidades de cada operador en el sitio de trabajo, con una altura aproximada de 100 cm del nivel del piso, se consideró una carga instalarse de 300 W, los diferentes circuitos de fuerza está dimensionado para una carga de 3000W para lo cual el conductor que alimentara el sistema será el N° 10 AWG de tipo THW de Cobre. Los tomacorrientes utilizados dentro de este sistema son 30 A polarizados.

Dentro de del sistema se tomara en cuenta el código de colores, así, conductor para la fase negro, rojo, azul y el neutro será blanco para la puesta a tierra color verde

## Luminaria para el alumbrado de la industria

Para la Iluminación de la planta Agroindustrial se han elegido luminarias, en las cuales se han tomado en cuenta la forma y tamaño del espacio, y la actividad a ser desarrollada. Se realizó la selección de la luminaria de acuerdo al tipo de trabajo y que se va a realizar en la planta tomando en consideración los catálogos y especificaciones técnicas que requiere el espacio a ser iluminado que cumpla con los luxes máximos y mínimos para el área. Para las oficinas, al ser considerado un espacio especial, hemos tomado en cuenta su área la cual la hemos distribuido por bloques, y la altura por lo cual hemos seleccionado una luminaria SILVANYA 2XTL5-36W.

**Tabla 17:** datos de la luminaria de la nueva área a implementarse

CARACTERISTICA	DEERMINACION
Flujo luminoso (luminaria)	5883 (lm)
Flujo luminoso (lámparas)	6700(lm)
Potencia	72(w)
	

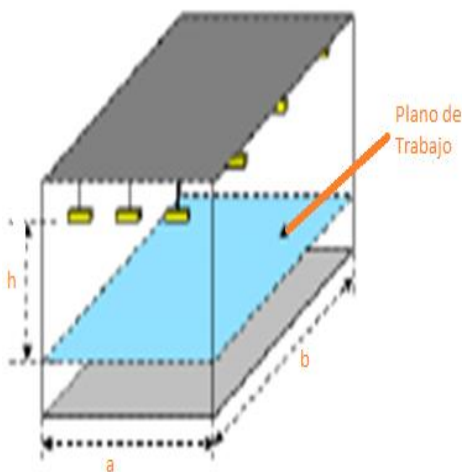
**Fuente:** Catálogo de iluminación PHILIPS

## Calculo de la luminaria

El diseño de iluminación está ligado al espacio a ser iluminado, tomando en consideración la forma, tamaño del espacio, y la actividad a ser desarrollada. A continuación vamos a describir los pasos a seguir para determinar el cálculo: Con la ayuda de tablas, determinamos el nivel

de iluminación requerido, en luxes. Luego, seleccionamos el tipo de lámpara, de acuerdo al nivel de iluminación requerido. Se determina el índice del local k.

**Tabla 18:** Determinación del índice del local.

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$K = \frac{(a * b)}{h(a + b)}$
	Iluminación indirecta y semi-indirecta	$K = \frac{3 * a * b}{2h(a + b)}$

**Fuente:** Frier, John P. FRIER

A partir del índice del local k y los factores de reflexión se determina el factor de utilización CU.

**Tabla 19:** Determinación del índice del local

Tabla 19.4 Determinación del factor de local									
Índice del local (k)	Factor de utilización (n)								
	factor de reflexión techo								
	0,3			0,5			0,7		
	factor de reflexión de paredes								
k	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5
1	0,16	0,22	0,26	0,16	0,22	0,25	0,16	0,22	0,28
1,2	0,2	0,27	0,3	0,2	0,27	0,3	0,2	0,27	0,31
1,5	0,26	0,33	0,36	0,26	0,33	0,36	0,26	0,33	0,39
2	0,35	0,4	0,44	0,35	0,4	0,44	0,35	0,4	0,45
2,5	0,41	0,46	0,49	0,41	0,46	0,49	0,41	0,46	0,52
3	0,45	0,5	0,53	0,45	0,5	0,53	0,45	0,5	0,54
4	0,52	0,56	0,58	0,52	0,56	0,59	0,52	0,56	0,61
5	0,56	0,6	0,62	0,56	0,6	0,63	0,56	0,6	0,63
6	0,6	0,63	0,65	0,6	0,63	0,66	0,6	0,63	0,68
8	0,64	0,67	0,68	0,64	0,67	0,69	0,64	0,67	0,71

	Color	Factor reflexión de
Techo	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

**Fuente:** Frier, John P. FRIER

Para determinar el factor de mantenimiento, lo cual implica la pérdida de las características iniciales de iluminación, pérdida de reflexión, debido al polvo y suciedad.

El siguiente paso es el cálculo del número de lámparas.

$$N = \frac{E * (a * b)}{FL * CU * FC}$$

**Dónde:**

E = Iluminación en luxes.

FL = Flujo luminoso en lúmenes por lámpara.

CU = Coeficiente de utilización.

FC = Factor de depreciación.

**Tipo de lámpara utilizada**

**Calculo para el área de oficinas Gerencia**

Fluorescente lineal SILVANYA

Potencia de cada fluorescente 36 W

Altura del local

h= 5m

Altura del plano de trabajo

h'= 0,85m

Altura total plano útil

$$h = \frac{4}{5}(h - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5}(5 - 0,85)$$

$$h = 3.32(m)$$

**Área**

Ancho (a): 9m



Largo (b): 16m

$$S = a * b$$

$$S = 9m * 16m$$

$$S = 144m^2$$

K=Índice del local

Iluminación directa:

$$K = \frac{(a * b)}{h(a + b)}$$

$$K = \frac{(9 * 16m)}{3,32m(9m + 16m)}$$

$$K = 2,82$$

Nivel de Iluminación (E)

$$E = 300lux$$

Coeficiente de Reflexión para todas las luminarias (tablas)

Techo blanco: 0.7

Paredes medio: 0.5

Suelo claro: 0.3

Factor de Utilización Cu (tabla = 0,54

Factor de mantenimiento (Cm) = 0.8 Ambiente limpio

### **Calculo del número de luminarias**

$$\phi T = \frac{E * A}{Cu * Cm}$$

$$\phi T = \frac{300lux * 144m^2}{0.53 * 0.8}$$

$$\phi T = 72000 \text{ lm}$$

$$NL = \frac{\phi T}{n * \phi L}$$

$$NL = \frac{72000}{2 * 3350}$$

$$NL = 10.74$$

$$NL = 11 \text{ luminarias}$$

### Calculo del emplazamiento

$$\text{Nancho} = \sqrt{\frac{NL}{b}} * a$$

$$\text{Nancho} = \sqrt{\frac{11}{16}} * 9$$

$$\text{Nancho} = 2,48 \text{ m}$$

$$Nlargo = \text{Nancho} * \frac{b}{a}$$

$$Nlargo = 2,48 * \frac{16}{9}$$

$$Nlargo = 4.4 \text{ m}$$

Con los datos de las luminarias puestas a consideración y al cálculo se obtuvo el número de lámparas del espacio a iluminar: para el área de oficinas se tiene una cantidad 12 luminarias tipo SILVANYA 2X 36W que refleja 2 lámparas de 36W. **Ver ANEXO 2** (estudio de iluminación realizado en el software dialux)

### Análisis de las Caídas de Voltaje y calibre de los conductores actuales.

Para determinar el calibre del conductores en baja voltaje para cada circuito de los tableros principal y distribución secundaria se efectuó en base a dos criterios: por corriente y por caída de voltaje ( $\Delta V$ ), los cuales previo a datos de las cargas de cada circuito nos permitirá determinar el calibre de conductor.

### a) Ejemplo de selección de conductor

#### Por corriente:

Tomamos como ejemplo en el área de Lácteos del tablero de distribución TD-P1 al tablero TD\_1.

$$P = 9,2 \text{ kW}$$

$$fp = 0,83$$

$$S = \frac{P (kW)}{fp}$$

$$S = \frac{9,2(kW)}{0,83}$$

$$S = 11.08 \text{ Kva}$$

$$In = \frac{S (kVA)}{\sqrt{3} * V} = (A)$$

$$In = \frac{11.08 (kVA)}{\sqrt{3} * 220 (V)}$$

$$In = 29.08 (A)$$

$$I_p (\text{Factor Proyectado}) = I_{nom} * 1,25 = \text{Capacidad nominal.}$$

$$I = 1,25 * In(A)$$

$$I = 1,25 * 29,08 (A)$$

$$I = 36,35 (A)$$

El conductor del circuito se selecciona de acuerdo a tablas de conductores en función de la corriente calculada para este estudio se utilizó la tablas General cable (CABLEC), que se muestra en el **ANEXOS 3**.

#### b) Por caída de voltaje

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} (RI \cos \varphi + XI \sin \varphi)$$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} (1,2 * 29,08 * 0,83 + 0,05 * 29,08 \sin(\cos^{-1}(0,83)))$$

$$\Delta V_{3\phi} = 51,57$$

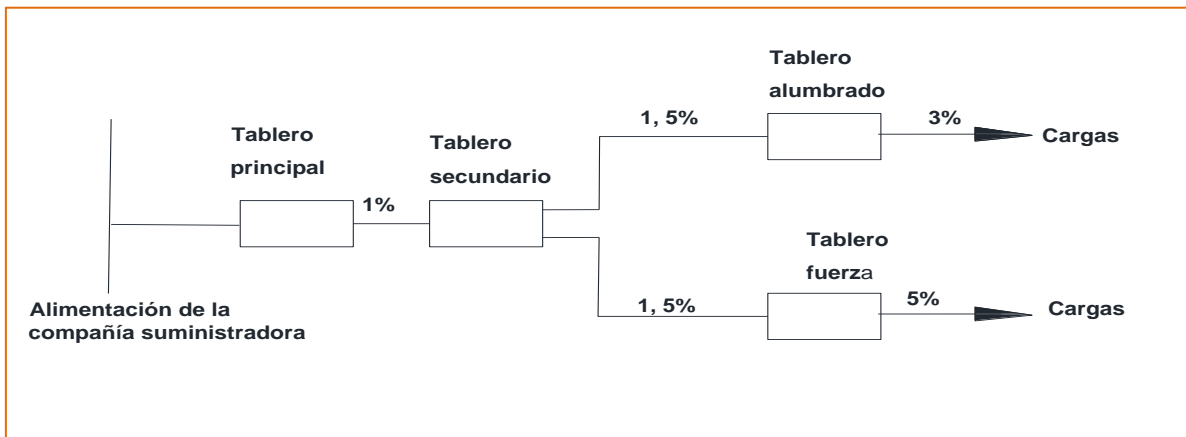
$$\% \Delta V_{3\phi} = \frac{L * \Delta V}{1000 * V * C}$$

$$\% \Delta V_{3\phi} = \frac{20 * 51,57}{1000 * 220 * 1}$$

$$\% \Delta V_{3\phi} = 4,69 \%$$

La caída de voltaje debe ser inferior a los límites establecidos por las normas en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos alimentados por el conductor. Así como se señala en la **figura. 10**

**Figura 10:** Caída de voltaje permisible.



**Elaborado por:** Los Postulantes

El conductor N° 10 AWG (PVC-THHN-600V) no cumple con la caída de voltaje que se requiere para el circuito de estas características, se presenta a continuación su solución:

El conductor sugerido es N° 4 AWG (PVC-THHN-600V).

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} (RI \cos \varphi + XI \sin \varphi)$$

$$\Delta V_{3\phi} = \sqrt{3} (0,31 * 29,08 * 0,83 + 0,048 * 29,08 \sin(\cos^{-1}(0,83)))$$

$$\Delta V_{3\phi} = 14,31$$

$$\% \Delta V_{3\phi} = \frac{L * \Delta V}{1000 * V * C}$$

$$\% \Delta V 3\phi = \frac{20 * 14.31}{1000 * 220 * 1}$$

$$\% \Delta V 3\phi = 1.30 \%$$

Los cálculos de los conductores, alimentadores y circuitos derivados que se presentan de una forma simplicidad en las tablas, se dimensionó aplicando los criterios de corriente y caída de voltaje, además se determinó que el calibre del conductor seleccionado es el adecuado al realizar el cálculo por caída de voltaje que no debe exceder del 3% de acuerdo a las normas NEC.

**Tabla 20:** Caída de voltaje y calibres de conductores de los circuitos de fuerza desde el tablero de distribución TD\_1 a las cargas del área de lácteos.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		%Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	
TD-1	DESCREMADORA	3	1490	220	0,83	12	4,71	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,05
	ENFUNDADORA	3	746	220	0,81	14	2,42	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,03
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	3	2984	220	0,84	13	9,32	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,10
	PASTEURIZADORA A PLACAS	1	1490	127	0,83	11	14,14	43	5,26	10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,76
	DESTILADOR DE AGUA	3	373	220	0,79	9	1,24	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,01
	CAMARA FRÍA	3	1490	220	0,83	13	4,71	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,05
	BATIDORA	3	596,8	220	0,8	15	1,96	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,02
	<b>POTENCIA TOTAL KW</b>		9,17								

**Elaborado por:** Los Postulantes

En el área de Lácteos perteneciente al tablero TD-1 se tiene una potencia activa instalada de 9,17 kW.

**Tabla 21:** Caída de voltaje y calibres de conductores de los circuitos de fuerza desde los tableros de distribución TD\_2 y TD\_3 a las cargas de las áreas de Yogurt y Frutas.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		%Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	

TD-2	ENVADADORA	3	746	220	0,81	10	2,42	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,02
	YOGURTERA	3	1492	220	0,83	12	4,72	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,05
	BOMBA	3	596,8	220	0,8	8	1,96	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,01
POTENCIA TOTAL KW			2,83								
TD_3	BALANZA ELÉCTRICA	1	250	127	1	9	1,97	43	5,26	10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,10
	DESHIDRATADOR	3	2238	220	0,84	12	6,99	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,07
	SELLADORA DE FUNDAS	3	746	220	0,81	19	2,42	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,04
	MARMITA CONCEPTRADORA	3	2238	220	0,84	15	6,99	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,09
	DESPULPADORA	3	2238	220	0,84	13	6,99	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,07
	TAMQUE DE ESCALDADO	3	1492	220	0,83	12	4,72	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,05
POTENCIA TOTAL KW			9,20								

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 22:** Caída de voltaje y calibres de conductores de los circuitos de fuerza desde los tableros de distribución TD\_4 y TD\_MAQ a las cargas de las áreas de Cárnicos y Máquinas.

DE TABLERO	A TABLERO 6 CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		%Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	PARCIAL
TD_4	BALANZA ELÉCTRICA	1	250	127	1	7	1,97	43	5,26	10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,08
	MEZCLADORA	3	1492	220	0,83	9	4,72	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,03
	EMBUTIDORA	3	1119	220	0,82	9	3,58	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,03
	CUTTER	3	1492	220	0,83	11	4,72	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,04

	EMPACADORA AL VACÍO	3	596,8	220	0,8	12	1,96	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,02
	CIERRA CIRCULAR	3	746	220	0,81	13	2,42	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,02
	MOLINO	3	2238	220	0,84	14	6,99	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,08
	TANQUE DE ENFRIAMIENTO	3	596,8	220	0,8	16	1,96	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,02
	CAMARA DE AHUMADO	3	746	220	0,81	17	2,42	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,03
POTENCIA TOTAL KW			9,28								
TD_MAQ	BANCO DE HIELO	3	746	220	0,81	8	2,42	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,02
	COMPRESOR	3	2760,2	220	0,84	7	8,62	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,05
	COMPRESOR	3	1492	220	0,83	8	4,72	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,03
POTENCIA TOTAL KW			5,00								

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 23:** Caída de voltaje y calibres de conductores de los circuitos de sistema de iluminación y fuerza desde los tableros TD\_ILUM y TD\_BOMB a las cargas.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		%Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	PARCIAL
TD_ILUM	OFICINA	1	96	127	1	19	0,76	28	2,08	14+ 14 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,21
	BESTIDORES, BAÑO, LABORATORIO	1	350	127	1	13	2,76	28	2,08	14+ 14 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,53
	ILUM. CARNICOS	1	750	127	1	13	5,91	28	2,08	14+ 14 AWG (PVC- THW- 600 V)	1,13
	ILUM. FRUTAS	1	600	127	1	13	4,72	28	2,08	14+ 14 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,91
	ILUM. LACTEOS Y YOGURT	1	750	127	1	23	5,91	28	2,08	14+ 14 AWG (PVC- THW- 600 V)	2,01
POTENCIA TOTAL KW			2,55								

TD_BOMB	BOMBA DE AGUA	3	2760,2	220	0,84	6	8,62	35	5,26	3*10+ 10 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,04
	ILUMINACIÓN	1	90	127	1	9	0,71	28	2,08	14+ 14 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,09
POTENCIA TOTAL KW			2,85								

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 24:** Caída de voltaje y calibres de conductores de los alimentadores desde el tableros de distribución principal (TD\_P1, TD\_P2, TD\_P3) a los tableros de distribución secundarios (TD\_MAQ, TD\_1, TD\_2, TD\_3, TD\_4, TD\_ILUM).

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		%Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	PARCIAL
TD_P2	TD_MAQ	3	4998,20	220	0,83	8	15,80	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,06
	TD_3	3	9202	220	0,84	11	28,75	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,17
	TD_4	3	9276,6	220	0,83	16	29,33	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,24
POTENCIA TOTAL KW			23,48								
TD_P1	TD_1	3	9169,8	220	0,83	20	28,99	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,30
	TD_2	3	2834,8	220	0,82	13	9,07	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,06
POTENCIA TOTAL KW			12,00								
TD_P3	TD_ILUM	3	2546	220	1	20	6,68	35	3,31	3*12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,21
POTENCIA TOTAL KW			2,546								

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 25:** Caída de voltaje y calibres de conductores de los alimentadores desde los tableros TP\_MED a los tableros (TD\_P, TD\_BOMB).

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		%Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	PARCIAL
TP_MED	TD_BOMB	3	2850,2	220	0,84	18	8,90	64	8,37	3*12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,08



POTENCIA TOTAL KW		2,85									
TP_MED	TD_P	3	38027,4	220	0,85	25	117,41	177	53,52	3*1/0+ 2 AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,24
POTENCIA TOTAL KW		38,03									

Elaborado por: Los Postulantes

### Análisis de las Caídas de Voltaje y selección de los conductores proyectados.

Para las máquinas y el área proyectada en la Planta Agroindustrial se procedió al cálculo del calibre de los conductores de alimentación e iluminación, se dimensionó aplicando los criterios de corriente y caída de voltaje, además se determinó que el calibre del conductor seleccionado es el adecuado al realizar el cálculo por caída de voltaje que según normas no debe exceder del 3%.

**Tabla 26:** Caída de voltaje, calibres de conductores del área proyectada en sus diferentes tableros de distribución.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR		% Δ V
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm2	CALIBRE AWG	PARCIAL
TD-1	HOMOGENIZADOR	3	2238	220	0,8	14	7,34	25	3,35	3*12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,13
TD-2	MARMITA (1,2)	3	4476	220	0,8	12	14,68	35	3,31	3*12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,22
TD_3	HORNO	1	373	127	0,8	8	3,67	35	3,31	12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,22
TD_5	CIERRA CIRCULAR	3	746	220	0,8	11	2,45	35	3,31	3*12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,03
	CUARTO FRÍO	3	6874	220	0,8	6	22,55	35	3,31	3*12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	0,17
	ILUMINACIÓN	1	2560	127	1	33	20,16	35	3,31	12+ 12 AWG (PVC- THW- 600 V)	2,12
TD_P2	TD_3	3	9202	220	0,8	11	28,75	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,17

TD_P1	TD_1	3	11407,8	220	0,8	20	36,07	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,38
	TD_2	3	7310,8	220	0,8	13	23,40	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,15
TD_P4	TD_5	3	10180,00	220	1	20	26,72	64	8,37	3*8+ 8AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,33
TP_MED	TD_P	3	54921,4	220	0,9	25	169,57	177	53,52	3*1/0+ 2 AWG (PVC- THHN- 600 V)	0,38
POTENCIA TOTAL KW			54,92								

Elaborado por: Los Postulantes

Los cables utilizados son el THHN calibre 8 AWG para el alimentador que va desde el tablero TD-P hacia el tablero TD\_5, para iluminación y fuerza se utilizó el cable THW con un calibre 12, 10 AWG, cumpliendo con las normas menor al 3% de caídas de voltaje para iluminación, menor al 5% de caídas de voltaje para fuerza.

### Pérdidas de potencia en conductores en la Planta Agroindustrial Actual.

Uno de los efectos perjudiciales del efecto Joule es el calentamiento que se produce en los conductores eléctricos cuando son recorridos por una corriente eléctrica. La potencia perdida en el conductor puede producir calor que al acumularse, eleva su temperatura pudiendo llegar a fundir el aislante del conductor.

Para el cálculo de las pérdidas de potencia en %, se debe aplicar la formula considerando si son circuitos monofásicas o trifásicas. A continuación se realizara un ejemplo aplicando para un sistema trifásico del tablero TD\_1 hacia la carga.

### MONOFÁSICA

$$\% \Delta P = \frac{200 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2. \varphi}$$

## TRIFÁSICA

$$\% \Delta P = \frac{100 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2 \varphi}$$

$S$  = Sección del conductor en  $mm^2$

$V$  = Voltaje de servicio, en voltios

$P$  = Potencia transportada, en watos

$L$  = Longitud de la línea, en metros

$\Delta P$  = Pérdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en %

$K$  = Conductividad eléctrica, para el cobre 56

### Calculo de las pérdidas de potencia

$$\% \Delta P = \frac{100 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2 \varphi}$$

$$\% \Delta P = \frac{100 * 12 * 1490}{51,42 * 5,26 * 220^2 * 0,83^2}$$

$$\% \Delta P = 0,20$$

**Tabla 27:** Perdidas de potencia de los circuitos de fuerza desde el tablero de distribución TD\_1 a las cargas del área de lácteos.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TD-1	DESCREMADORA	3	1490	220	0,83	12	5,26	0,0194	51,42	0,20
	ENFUNDADORA	3	746	220	0,81	14	5,26	0,0194	51,49	0,12
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	3	2984	220	0,84	13	5,26	0,0196	51,12	0,42
	PASTEURIZADORA A PLACAS	1	1490	127	0,83	11	5,26	0,0196	50,92	1,10
	DESTILADOR DE AGUA	3	373	220	0,79	9	5,26	0,0194	51,51	0,04
	CAMARA FRÍA	3	1490	220	0,83	13	5,26	0,0194	51,42	0,21
	BATIDORA	3	596,8	220	0,8	15	5,26	0,0194	51,50	0,11
POTENCIA TOTAL KW			9,17						TOTAL	2,21

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 28:** Perdidas de potencia de los circuitos de fuerza desde los tableros de distribución TD\_2 y TD\_3 a las cargas de las áreas de Yogurt y Frutas.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TD-2	ENVADADORA	3	746	220	0,81	10	5,26	0,0194	51,49	0,09
	YOGURTERA	3	1492	220	0,83	12	5,26	0,0194	51,41	0,20
	BOMBA	3	596,8	220	0,8	8	5,26	0,0194	51,50	0,06
	<b>POTENCIA TOTAL KW</b>		<b>2,83</b>						<b>TOTAL</b>	<b>0,34</b>
TD_3	BALANZA ELÉCTRICA	1	250	127	1	9	5,26	0,0194	51,50	0,10
	DESHIDRATADOR	3	2238	220	0,84	12	5,26	0,0195	51,29	0,29
	SELLADORA DE FUNDAS	3	746	220	0,81	19	5,26	0,0194	51,49	0,16
	MARMITA CONCEPTRADORA	3	2238	220	0,84	15	5,26	0,0195	51,29	0,36
	DESPULPADORA	3	2238	220	0,84	13	5,26	0,0195	51,29	0,32
	TAMQUE DE ESCALDADO	3	1492	220	0,83	12	5,26	0,0194	51,41	0,20
	<b>POTENCIA TOTAL KW</b>		<b>9,20</b>						<b>TOTAL</b>	<b>1,44</b>

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 29:** Perdidas de potencia de los circuitos de fuerza desde los tableros de distribución TD\_4 y TD\_MAQ a las cargas de las áreas de Cárnicos y Máquinas.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TD_4	BALANZA ELÉCTRICA	1	250	127	1	7	5,26	0,0194	51,50	0,08
	MEZCLADORA	3	1492	220	0,83	9	5,26	0,0194	51,41	0,15
	EMBUTIDORA	3	1119	220	0,82	9	5,26	0,0194	51,46	0,11
	CUTTER	3	1492	220	0,83	11	5,26	0,0194	51,41	0,18
	EMPACADORA AL VACÍO	3	596,8	220	0,8	12	5,26	0,0194	51,50	0,09
	CIERRA CIRCULAR	3	746	220	0,81	13	5,26	0,0194	51,49	0,11
	MOLINO	3	2238	220	0,84	14	5,26	0,0195	51,29	0,34
	TANQUE DE ENFRIAMIENTO	3	596,8	220	0,8	16	5,26	0,0194	51,50	0,11
	CAMARA DE AHUMADO	3	746	220	0,81	17	5,26	0,0194	51,49	0,15
<b>POTENCIA TOTAL KW</b>			<b>9,28</b>						<b>TOTAL</b>	<b>1,32</b>
TD_MAQ	BANCO DE HIELO	3	746	220	0,81	8	5,26	0,0194	51,49	0,07
	COMPRESOR	3	2760,2	220	0,84	7	5,26	0,0195	51,18	0,21

	COMPRESOR	3	1492	220	0,83	8	5,26	0,0194	51,41	0,13
POTENCIA TOTAL KW			5,00						TOTAL	0,41

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 30:** Perdidas de potencia en conductores de los circuitos de sistema de iluminación y fuerza desde los tableros TD\_ILUM y TD\_BOMB a las cargas.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TD_ILUM	OFICINA	1	96	127	1	19	2,08	0,0194	51,51	0,21
	BESTIDORES, BAÑO, LABORATORIO	1	350	127	1	13	2,08	0,0194	51,46	0,53
	ILUM. CARNICOS	1	750	127	1	13	2,08	0,0195	51,27	1,13
	ILUM. FRUTAS	1	600	127	1	13	2,08	0,0195	51,36	0,91
	ILUM. LACTEOS Y YOGURT	1	750	127	1	23	2,08	0,0195	51,27	2,01
POTENCIA TOTAL KW			2,55						TOTAL	4,78
TD_BOMB	BOMBA DE AGUA	3	2760,2	220	0,84	6	5,26	0,0185	53,92	0,17
	ILUMINACIÓN	1	90	127	1	9	2,08	0,0184	54,48	0,09
POTENCIA TOTAL KW			2,85						TOTAL	0,26

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 31:** Perdidas potencia en conductores de los alimentadores desde el tableros de distribución principal (TD\_P1, TD\_P2, TD\_P3) a los tableros de distribución secundarios (TD\_MAQ, TD\_1, TD\_2, TD\_3, TD\_4, TD\_ILUM).

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TD_P2	TD_MAQ	3	4998,20	220	0,83	8	8,37	0,0195	51,18	0,28
	TD_3	3	9202	220	0,84	11	8,37	0,0198	50,41	0,70
	TD_4	3	9276,6	220	0,83	16	8,37	0,0199	50,36	1,06
POTENCIA TOTAL KW			23,48						TOTAL	2,04
TD_P1	TD_1	3	9169,8	220	0,83	20	8,37	0,0198	50,39	1,30
	TD_2	3	2834,8	220	0,82	13	8,37	0,0195	51,40	0,26
POTENCIA TOTAL KW			12,00						TOTAL	1,57
TD_P3	TD_ILUM	3	2546	220	1	20	3,31	0,0195	51,31	0,62
POTENCIA TOTAL KW			2,546						TOTAL	0,62

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 32:** Pérdidas de potencia de los alimentadores desde los tableros TP\_MED a los tableros (TD\_P, TD\_BOMB).

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TP_MED	TD_BOMB	3	2850,2	220	0,84	18	8,37	0,0195	51,41	0,35
POTENCIA TOTAL KW			2,85						TOTAL	0,35
TP_MED	TD_P	3	38027	220	0,85	25	53,52	0,0197	50,63	1,00
POTENCIA TOTAL KW			38,03						TOTAL	1,00
TOTAL DE PERDIDAS DE POTENCIA (%)										16,34

Elaborado por: Los Postulantes

### Pérdidas de potencia en conductores en la Planta Agroindustrial proyectada.

Para el cálculo de las pérdidas de potencia en %, se debe aplicar la formula considerando si son circuitos monofásicas o trifásicas. A continuación se realizara un ejemplo aplicando para un sistema trifásico del tablero TD\_1 hacia la carga.

#### MONOFÁSICA

$$\% \Delta P = \frac{200 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2. \varphi}$$

#### TRIFÁSICA

$$\% \Delta P = \frac{100 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2. \varphi}$$

$S$  = Sección del conductor en  $mm^2$

$V$  = Voltaje de servicio, en voltios

$P$  = Potencia transportada, en watios

$L$  = Longitud de la línea, en metros

$\Delta P$  = Pérdida de potencia desde el principio hasta el final de la línea en %

$K$  = Conductividad eléctrica, para el cobre 56

### Calculo de las pérdidas de potencia

$$\% \Delta P = \frac{100 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2 \varphi}$$

$$\% \Delta P = \frac{100 * 14 * 2238}{51,04 * 3,35 * 220^2 * 0,8^2}$$

$$\% \Delta P = 0,59$$

Los cálculos de las pérdidas de potencia, alimentadores y circuitos derivados se presentan de una forma simplicidad en la tabla siguiente.

**Tabla 33:** Perdidas de potencia del área proyectada en sus diferentes tableros de distribución.

DE TABLERO	A TABLERO ó CARGA	DATOS					CONDUCTOR			PERDIDAS
		FASE	POTEN (W)	VOLT (V)	fp	LONG. (m)	CALIBRE mm2	RESIST.	k	POTENCIA (%)
TD-1	HOMOGENIZADOR	3	2238	220	0,8	14	3,35	0,0196	51,04	0,59
TD-2	MARMITA (1,2)	3	4476	220	0,8	12	3,31	0,0198	50,55	1,04
TD_3	HORNO	1	373	127	0,8	8	3,31	0,0194	51,45	0,34
TD_5	CIERRA CIRCULAR	3	746	220	0,8	11	3,31	0,0194	51,49	0,16
	CUARTO FRÍO	3	6874	220	0,8	6	3,31	0,0203	49,29	0,82
	ILUMINACIÓN	1	2560	127	1	33	3,31	0,0201	49,72	6,37
TD_P2	TD_3	3	9202	220	0,84	11	8,37	0,0198	50,41	0,70
TD_P1	TD_1	3	11407,8	220	0,83	20	8,37	0,0201	49,79	1,64
	TD_2	3	7310,8	220	0,82	13	8,37	0,0197	50,78	0,69
TD_P4	TD_5	3	10180,00	220	1	20	8,37	0,0198	50,56	0,99
TP_MED	TD_P	3	54921,4	220	0,85	25	53,52	0,0213	47,02	1,56
PERDIDAS DE POTENCIA TOTAL EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL (%)										27,96

Elaborado por: Los Postulantes

### Simulación del sistema eléctrico existente con el programa ETAP 12.6.0.

Para la simulación del sistema eléctrico existente, que suministrara energía a la Planta Industrial, se realizó un levantamiento de parámetros eléctricos de placas de los equipos existentes, con la información adquirida se analizó y verifico los resultados, mediante un modelo del diagrama unifilar trazado en el programa ETAP 12.6.0 modelando un análisis de flujo carga.

Para la verificación y análisis de los resultados del sistema eléctrico de la modelación se lo realizo mediante un análisis de flujo de carga, obteniendo como resultado el voltaje en las barras, el factor de potencia, corriente y flujo de la potencia en las distintas ramas del sistema eléctrico simulado.

En el diagrama eléctrico realizado como se observa en el **ANEXO 1**, desde la red de alimentación hasta los consumos, el sistema esta modelado, para suministrar de energía a los equipos eléctricos distribuidos en las respectivas áreas , los interruptores de protección para el cuadro eléctrico de menor calibre que protegen las cargas que son alimentadas mediante los respectivos cables.

Las características de la instalación considerada en el programa ETAP 12.6.0 para analizar el flujo de cargas son las presentadas en la tabla descrita a continuación:

**Tabla 34:** Informe general de datos del sistema eléctrico existente.

Descripción	Datos
Nº de Buses /Nodos	47
Nº de Ramas	46
Nº de Redes	1
Nº de Cargas	34
Potencia activa consumida (KW)	12
Potencia reactiva consumida (Kvar)	8
Potencia activa generada por la instalación (KW)	12
Potencia reactiva generada por la instalación (Kvar)	8
Potencia activa de pérdidas (kW)	0
Potencia reactiva de pérdidas (kvar)	0

**Fuente:** ETAP.12.6.0

**Elaborado por:** Los Postulantes



### Resultados obtenidos de la simulación en el programa ETAP 12.6.0

Simulando el flujo de cargas en el sistema eléctrico, se observa la distribución de la potencia activa y reactiva, intensidades, potencias aparentes, se conoce las caídas de voltaje en cada uno de los nodos en porcentajes, con estos valores se analizó el funcionamiento del sistema eléctrico en condiciones normales, se concluye que se encuentra dentro de las condiciones aceptables establecidos por el reglamento del Código Eléctrico Nacional en bajo voltaje (5%) entre la entrada y la carga, además se determinó que los resultados se asemejan en presente estudio.

A continuación se presentara las tablas de resultados del flujo de carga en las barras, ramas, cargas y fuente del sistema eléctrico simulado de la planta de producción, estos resultados obtenidos nos dan valores correspondientes a potencia activa, potencia reactiva, corriente, factor de potencia, perdidas y flujo, la simulación nos determina las caídas de voltaje en cada uno de las barras y nodos del sistema eléctrico. El diagrama completo del sistema eléctrico se presenta en el **ANEXO 1**.

**Tabla 35:** Resultados del flujo de carga en las barras de fuente, nodos y barras de cargas.

Barra ID	Nominal kV	Tipo	Voltaje (%)	Carga kW	Carga kvar	Carga Amp
<b>BARRA 1 DE MEDICION</b>	0,22	Carga	98,19	12,384	7,88	39,23
<b>BARRA 2</b>	0,22	Carga	98,09	11,291	7,121	35,72
<b>BARRA 3</b>	0,22	Carga	98,09	5,524	3,673	17,75
<b>BARRA 4</b>	0,22	Carga	98,09	5,006	3,448	16,26
<b>BARRA 5</b>	0,22	Carga	98,09	0,761	0,001	2,035
<b>BARRA 6</b>	0,22	Carga	98,07	1,146	0,762	3,683
<b>BARRA 7</b>	0,22	Carga	98,03	2,007	1,379	6,52
<b>BARRA 8</b>	0,22	Carga	98,04	2,475	1,617	7,912
<b>BARRA 9</b>	0,22	Carga	98,06	0,983	0,695	3,222
<b>BARRA 10</b>	0,22	Carga	97,93	4,077	2,802	13,26
<b>BARRA 11</b>	0,22	Carga	98,02	0,764	0,003	2,045
<b>BARRA 12</b>	0,22	Carga	98,15	1,171	0,752	3,721
<b>NODO 1</b>	13,8	Fuente	100	12,488	8,053	0,622
<b>NODO 2</b>	0,22	Carga	98,06	0,178	0,129	0,588
<b>NODO 3</b>	0,22	Carga	98,05	0,681	0,438	2,168
<b>NODO 4</b>	0,22	Carga	98,06	0,287	0,195	0,928
<b>NODO 5</b>	0,22	Carga	98,03	0,013	0,001	0,036
<b>NODO 6</b>	0,22	Carga	98,01	0,556	0,364	1,781
<b>NODO 7</b>	0,22	Carga	98,02	0,147	0,107	0,487
<b>NODO 8</b>	0,22	Carga	97,97	0,959	0,628	3,07

NODO 9	0,22	Carga	98,01	0,471	0,3	1,496
NODO 10	0,22	Carga	98,02	0,326	0,216	1,047
NODO 11	0,22	Carga	98,03	0,014	0,002	0,037
NODO 12	0,22	Carga	98,02	0,228	0,156	0,74
NODO 13	0,22	Carga	98,01	0,346	0,242	1,129
NODO 14	0,22	Carga	98,01	0,451	0,307	1,46
NODO 15	0,22	Carga	98,02	0,137	0,102	0,457
NODO 16	0,22	Carga	98,02	0,141	0,103	0,468
NODO 17	0,22	Carga	98	0,481	0,315	1,54
NODO 18	0,22	Carga	98,02	0,092	0,068	0,306
NODO 19	0,22	Carga	98,02	0,118	0,085	0,389
NODO 20	0,22	Carga	98,05	0,349	0,253	1,154
NODO 21	0,22	Carga	98,04	0,45	0,306	1,458
NODO 22	0,22	Carga	98,06	0,183	0,136	0,611
NODO 23	0,22	Carga	97,9	0,567	0,386	1,837
NODO 24	0,22	Carga	97,92	0,294	0,213	0,972
NODO 25	0,22	Carga	97,88	0,897	0,61	2,908
NODO 26	0,22	Carga	97,9	0,377	0,257	1,223
NODO 27	0,22	Carga	97,93	0,155	0,119	0,523
NODO 28	0,22	Carga	97,84	1,692	1,15	5,488
NODO 29	0,22	Carga	97,93	0,092	0,068	0,307
NODO 30	0,22	Carga	97,99	0,056	0	0,149
NODO 31	0,22	Carga	97,99	0,101	0	0,272
NODO 32	0,22	Carga	97,96	0,217	0	0,58
NODO 33	0,22	Carga	97,97	0,173	0	0,465
NODO 34	0,22	Carga	97,91	0,216	0	0,579
NODO 35	0,22	Carga	98,13	1,171	0,752	3,721

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

Podemos determinar mediante la tabla 20 que existe un bajo voltaje en la barras 10, nodo 8, nodo 17, nodo 23, nodo 24, nodo 25, nodo 26, nodo 27, nodo 28, nodo 29, nodo 30, nodo 31, nodo 32, estas caídas de voltaje son marginales por ser las más bajas del sistema eléctrico de la planta de producción pero está dentro del rango tolerable.

**Tabla 36:** Resultados del flujo de carga en las ramas (parte del circuito comprendida entre dos nodos consecutivos) de los cables existentes.

ID	Longitud	Conductor	Flujo (kW)	Flujo (kvar)	Flujo (Amp)	% FP	Carga (%)	Caída de Voltaje (%)	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kvar)
Cable1	25 m	3 - 1/C 1/0	11,228	7,139	35,56	84,39	20,1	0,1	0,012	0,006

<b>Cable 2</b>	18 m	3 - 1/C 8	1,156	0,741	3,669	84,2	5,7	0,04	0,001	0
<b>Cable 3</b>	8 m	3 - 1/C 8	1,124	0,745	3,607	83,35	5,6	0,02	0	0
<b>Cable 4</b>	16 m	3 - 1/C 8	1,951	1,332	6,32	82,59	9,9	0,06	0,002	0
<b>Cable 5</b>	11 m	3 - 1/C 8	2,45	1,596	7,824	83,78	12,2	0,05	0,002	0
<b>Cable 6</b>	13 m	3 - 1/C 8	0,964	0,68	3,155	81,7	4,9	0,02	0	0
<b>Cable 7</b>	20 m	3 - 1/C 8	4,042	2,768	13,11	82,51	20,5	0,15	0,009	0,001
<b>Cable 8</b>	20 m	3 - 1/C 12	0,761	-0,001	2,035	-100	5,8	0,07	0,001	0
<b>Cable 9</b>	8 m	2 - 1/C 10	0,178	0,129	0,588	80,96	1,7	0,01	0	0
<b>Cable 10</b>	7 m	2 - 1/C 10	0,682	0,438	2,168	84,13	6,2	0,02	0	0
<b>Cable 11</b>	8 m	2 - 1/C 10	0,287	0,195	0,928	82,63	2,7	0,01	0	0
<b>Cable 12</b>	7 m	1 - 1/C 12	0,014	0,002	0,037	99,39	0,1	0	0	0
<b>Cable 13</b>	9 m	2 - 1/C 10	0,228	0,156	0,74	82,58	2,1	0,01	0	0
<b>Cable 14</b>	9 m	2 - 1/C 10	0,346	0,242	1,129	81,95	3,2	0,01	0	0
<b>Cable 15</b>	11 m	2 - 1/C 10	0,451	0,307	1,46	82,66	4,2	0,02	0	0
<b>Cable 16</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,137	0,102	0,457	80,27	1,3	0,01	0	0
<b>Cable 17</b>	13 m	2 - 1/C 10	0,141	0,103	0,468	80,94	1,3	0,01	0	0
<b>Cable 18</b>	14 m	2 - 1/C 10	0,481	0,315	1,54	83,64	4,4	0,03	0	0
<b>Cable 19</b>	16 m	2 - 1/C 10	0,092	0,068	0,306	80,24	0,9	0,01	0	0
<b>Cable 20</b>	17 m	2 - 1/C 10	0,118	0,085	0,389	80,95	1,1	0,01	0	0
<b>Cable 21</b>	9 m	1 - 1/C 12	0,013	0,001	0,036	99,65	0,1	0	0	0
<b>Cable 22</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,557	0,364	1,781	83,65	5,1	0,03	0	0
<b>Cable 23</b>	19 m	2 - 1/C 10	0,148	0,107	0,487	81,01	1,4	0,01	0	0
<b>Cable 24</b>	15 m	2 - 1/C 10	0,96	0,628	3,07	83,69	8,8	0,06	0,001	0
<b>Cable 25</b>	13 m	2 - 1/C 10	0,471	0,3	1,496	84,34	4,3	0,03	0	0
<b>Cable 26</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,326	0,216	1,047	83,36	3	0,02	0	0
<b>Cable 27</b>	10 m	2 - 1/C 10	0,349	0,253	1,154	81,02	3,3	0,01	0	0
<b>Cable 28</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,45	0,306	1,458	82,68	4,2	0,02	0	0
<b>Cable 29</b>	8 m	2 - 1/C 10	0,183	0,136	0,611	80,3	1,7	0,01	0	0
<b>Cable 30</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,567	0,386	1,837	82,68	5,2	0,03	0	0
<b>Cable 31</b>	14 m	2 - 1/C 10	0,294	0,213	0,972	81,01	2,8	0,02	0	0
<b>Cable 32</b>	13 m	2 - 1/C 10	0,898	0,61	2,908	82,71	8,3	0,05	0,001	0
<b>Cable 33</b>	11 m	1 - 1/C 10	0,377	0,257	1,223	82,69	2,8	0,04	0	0
<b>Cable 34</b>	9 m	2 - 1/C 10	0,155	0,119	0,523	79,31	1,5	0,01	0	0
<b>Cable 35</b>	13 m	2 - 1/C 10	1,695	1,15	5,488	82,74	15,7	0,09	0,002	0
<b>Cable 36</b>	15 m	2 - 1/C 10	0,092	0,068	0,307	80,25	0,9	0,01	0	0
<b>Cable 37</b>	19 m	1 - 1/C 14	0,056	0	0,149	100	0,3	0,02	0	0
<b>Cable 38</b>	13 m	1 - 1/C 14	0,101	0	0,272	100	0,6	0,03	0	0
<b>Cable 39</b>	13 m	1 - 1/C 14	0,217	0	0,58	100	1,3	0,06	0	0
<b>Cable 40</b>	13 m	1 - 1/C 14	0,174	0	0,465	100	1,1	0,05	0	0
<b>Cable 41</b>	23 m	1 - 1/C 14	0,216	0	0,579	100	1,3	0,11	0	0
<b>Cable 42</b>	6 m	3 - 1/C 10	1,171	0,752	3,721	84,15	10,6	0,02	0	0

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 37:** Resultados del flujo de carga en las ramas (parte del circuito comprendida entre dos nodos consecutivos) del Transformador Trifásico.

ID	Voltaje	Potencia	Flujo (kW)	Flujo (kvar)	Flujo (Amp)	% FP	Carga (%)	Caída de Voltaje (%)	Pérdidas (kW)	Perdidas (kvar)
Transformador Convenc	13,8 / 0,22 kV	30 kVA	12,488	8,053	0,622	84,04	43,1	1,81	0,163	0,245

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 38:** Resultados del flujo de carga de las diferentes maquinarias instaladas.

ID	Terminal Bus	Tipo	Potencia	Voltaje (V)	kW	kvar	Amp	% PF	% Carga	Vterminal
CARGA 1	NODO 11	Static	0,25 kVA	127	0,012	0	0,096	100	4,9	124,5
CARGA 2	NODO 5	Static	0,25 kVA	127	0,012	0	0,096	100	4,9	124,5
CARGA 3	NODO 30	Static	0,1 kVA	127	0,055	0	0,445	100	58,8	124,5
CARGA 4	NODO 31	Static	0,35 kVA	127	0,101	0	0,81	100	29,4	124,5
CARGA 5	NODO 32	Static	0,75 kVA	127	0,216	0	1,736	100	29,4	124,4
CARGA 6	NODO 33	Static	0,6 kVA	127	0,173	0	1,389	100	29,4	124,4
CARGA 7	NODO 34	Static	0,75 kVA	127	0,216	0	1,735	100	29,4	124,4
MOTOR 1	NODO 35	Induction	3,7 HP	220	1,161	0,745	3,69	84,17	30,6	215,9
MOTOR 2	NODO 2	Induction	1 HP	220	0,173	0,125	0,987	81,04	15,3	215,7
MOTOR 3	NODO 3	Induction	3,7 HP	220	0,676	0,433	3,722	84,17	20,4	215,7
MOTOR 4	NODO 4	Induction	2 HP	220	0,282	0,191	1,578	82,7	15,3	215,7
MOTOR 5	NODO 12	Induction	2 HP	220	0,223	0,152	1,253	82,7	10,2	215,6
MOTOR 6	NODO 13	Induction	1,5 HP	220	0,341	0,238	1,928	82,01	20,4	215,6
MOTOR 7	NODO 14	Induction	2 HP	220	0,447	0,304	2,506	82,7	20,4	215,6
MOTOR 8	NODO 15	Induction	0,75 HP	220	0,134	0,099	0,771	80,36	15,3	215,6
MOTOR 9	NODO 16	Induction	1 HP	220	0,138	0,1	0,79	81,04	12,2	215,6
MOTOR 10	NODO 17	Induction	3 HP	220	0,478	0,313	2,651	83,67	15,3	215,6
MOTOR 11	NODO 18	Induction	0,75 HP	220	0,089	0,066	0,514	80,36	10,2	215,6
MOTOR 12	NODO 19	Induction	1 HP	220	0,115	0,083	0,659	81,04	10,2	215,6
MOTOR 13	NODO 6	Induction	3 HP	220	0,553	0,362	3,065	83,67	20,4	215,6
MOTOR 14	NODO 7	Induction	1 HP	220	0,145	0,105	0,832	81,04	15,3	215,7
MOTOR 15	NODO 8	Induction	3 HP	220	0,956	0,626	5,303	83,67	30,6	215,5
MOTOR 16	NODO 9	Induction	3 HP	220	0,468	0,298	2,574	84,37	15,3	215,6
MOTOR 17	NODO 10	Induction	2 HP	220	0,323	0,213	1,794	83,4	15,3	215,6
MOTOR 18	NODO 20	Induction	1 HP	220	0,345	0,25	1,975	81,04	30,6	215,7
MOTOR 19	NODO 21	Induction	2 HP	220	0,447	0,304	2,506	82,7	20,4	215,7
MOTOR 20	NODO 22	Induction	0,75 HP	220	0,178	0,132	1,028	80,36	20,4	215,7
MOTOR 21	NODO 23	Induction	2 HP	220	0,563	0,383	3,161	82,7	30,6	215,4
MOTOR 22	NODO 24	Induction	1 HP	220	0,291	0,21	1,665	81,04	30,6	215,4
MOTOR 23	NODO 25	Induction	4 HP	220	0,894	0,608	5,019	82,7	20,4	215,3

MOTOR 24	NODO 26	Induction	2 HP	127	0,375	0,255	3,651	82,7	20,4	124,3
MOTOR 25	NODO 27	Induction	0,5 HP	220	0,15	0,115	0,878	79,39	30,6	215,4
MOTOR 26	NODO 28	Induction	2 HP	220	1,689	1,148	9,491	82,7	92	215,2
MOTOR 27	NODO 29	Induction	0,75 HP	220	0,089	0,066	0,515	80,36	10,2	215,4

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 39:** Resultados del flujo de carga de la red eléctrica o fuente.

ID	Terminal Bus	TIPO	Potencia	Voltaje kV	MW	Mvar	Amp	% PF
RED ELECTRICA	NODO 1	Power Grid	10 MVA	13,8	0,012	0,008	0,622	84,04

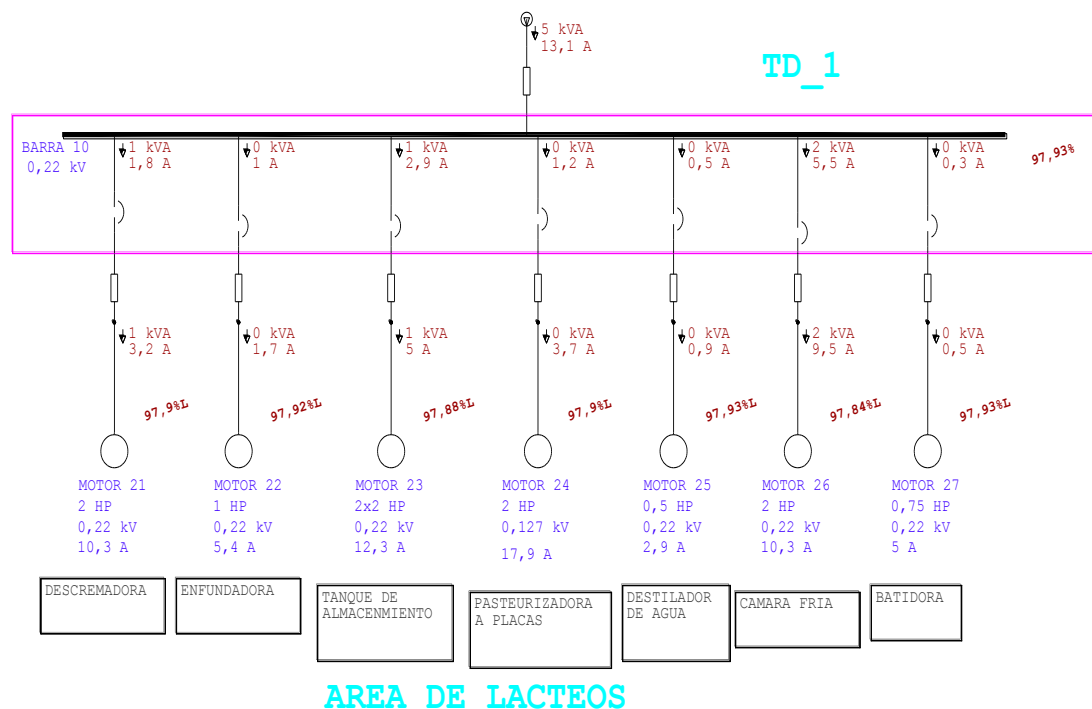
Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

### Diagrama unifilar % caída de voltaje, la potencia kVA y corriente de la Planta de Producción.

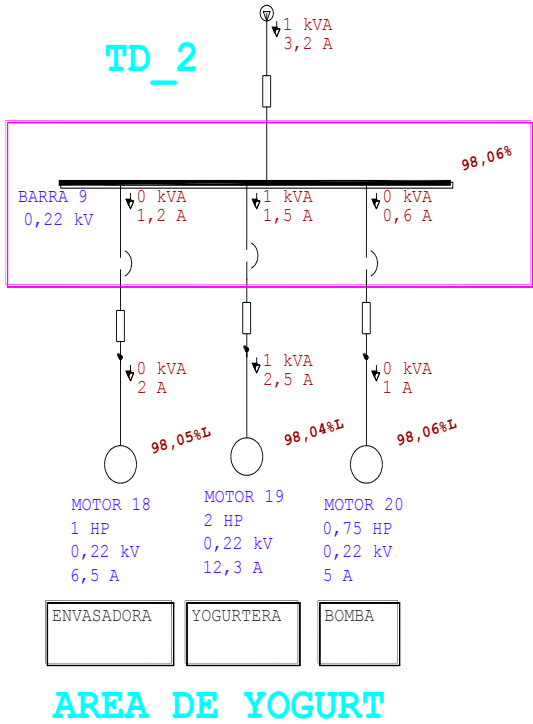
A continuación se presenta los diagrama del sistema eléctrico de la Planta de Producción Agroindustrial con los parámetros eléctricos de potencia activa, corriente, caídas de voltaje en las barras , nodos, estos valores obtenidos fueron simulados en el software ETAP 12.6.0. En el **ANEXO 2** se puede observar todas las caídas de voltaje % en las barras y nodos.

**Figura 11:** Caídas de voltaje % y perdidas del área de lácteos.



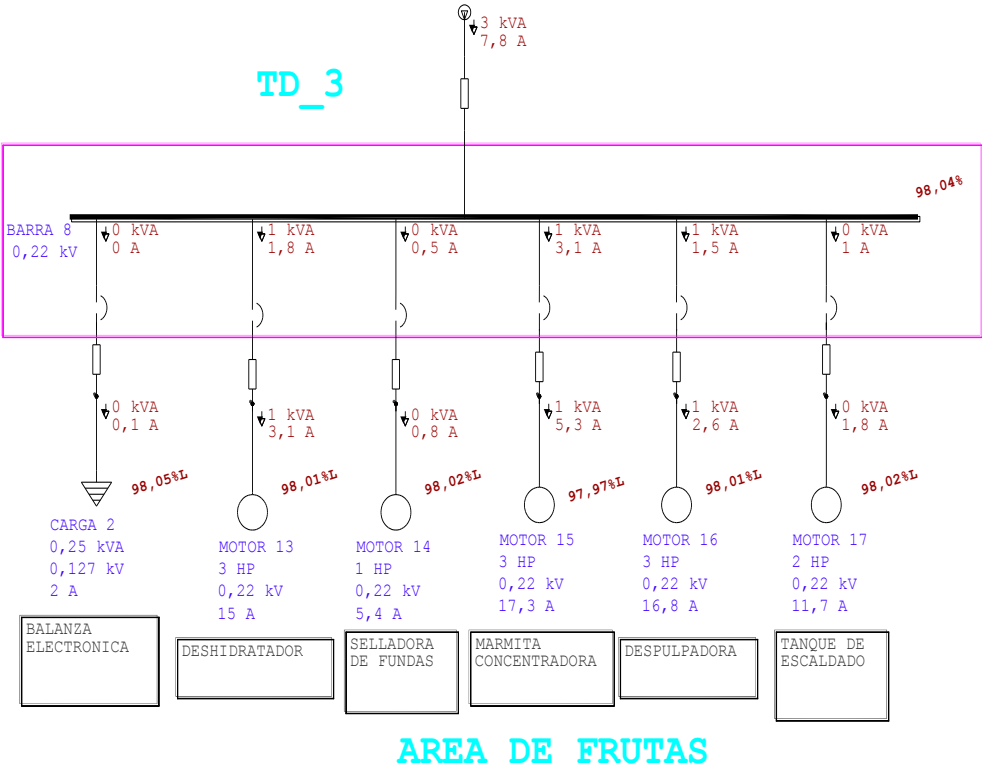
Elaborado por: Los Postulantes

Figura 12: Caídas de voltaje % del área de yogurt.



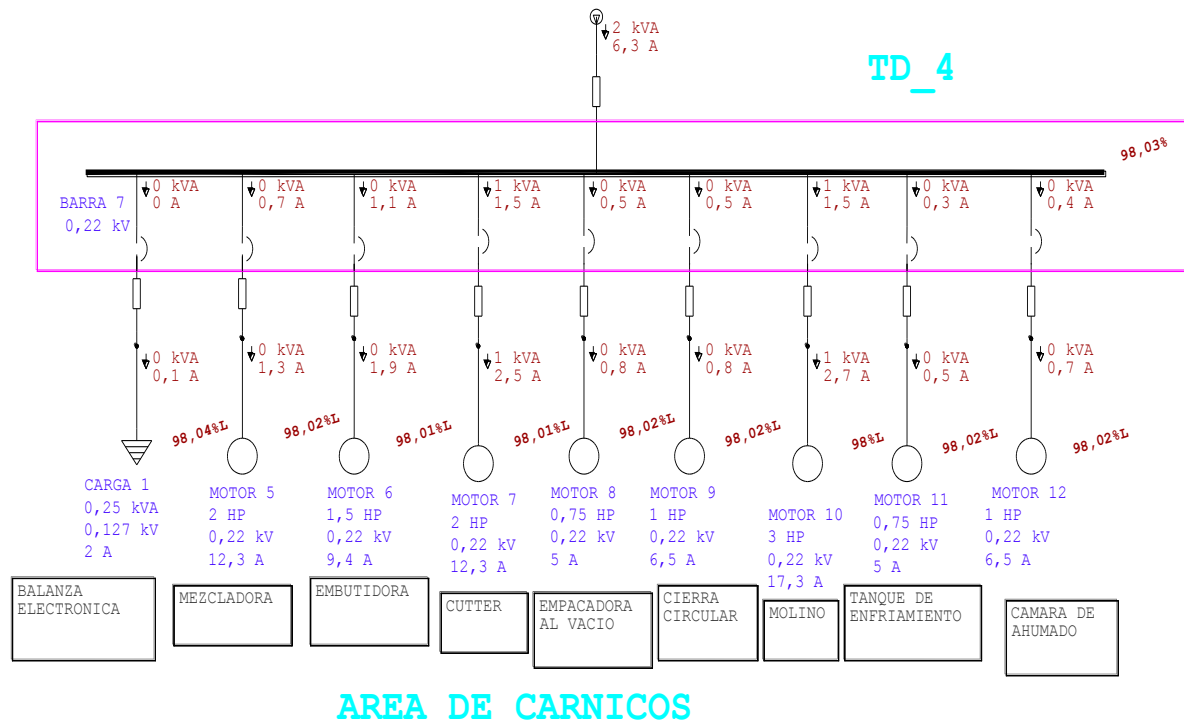
Elaborado por: Los Postulantes

Figura 13: Caídas de voltajes en % del área de frutas.



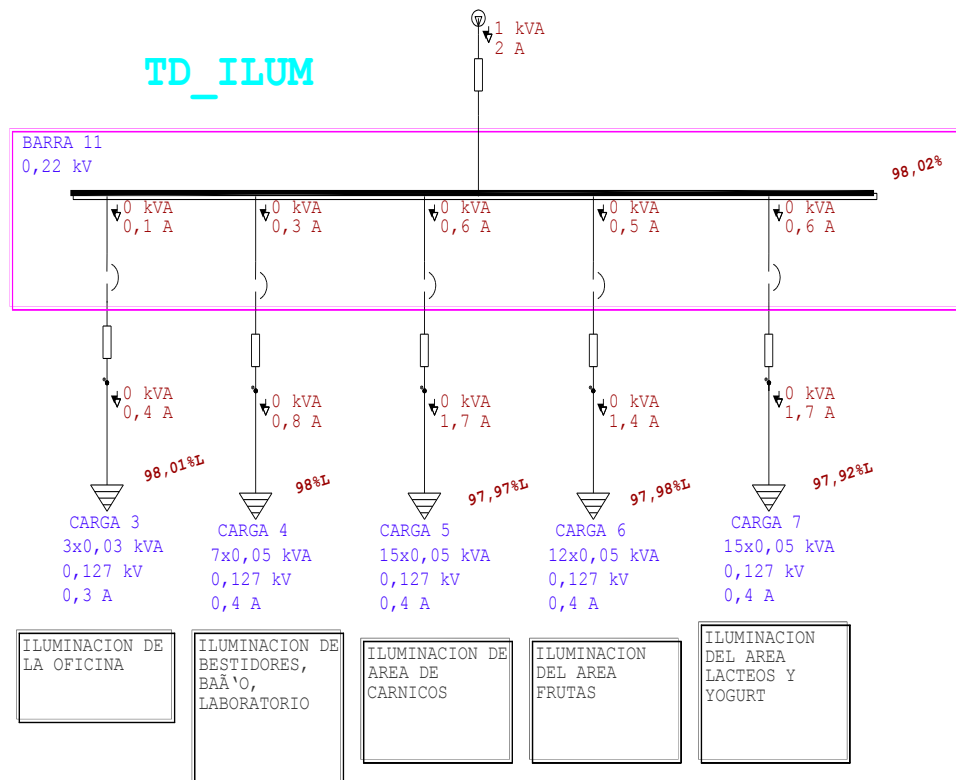
Elaborado por: Los Postulantes

**Figura 14:** Caídas de voltaje % en el área de cárnicos.



Elaborado por: Los Postulantes

**Figura 15:** Caídas de voltaje % de la iluminación existente.



Elaborado por: Los Postulantes

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **Impactos técnicos.**

Nuestro trabajo de investigación análisis de la demanda eléctrica para suministrar el servicio eléctrico a la nueva carga a implementarse en la planta de producción de agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para la cual se obtuvo datos como corriente, Potencia activa, Potencia aparente, Voltaje,  $fp$  de las maquinas existente y proyectadas, permitió realizar el estudio técnico que supone la determinación más conveniente, la identificación y localización final de las cargas a instalarse para el dimensionamiento y diseño del circuito eléctrico.

La localización adecuada de los elementos eléctricos para una definición que contemple un análisis e estimación de los materiales a emplear en el presente estudio de diseño que reunirán las condiciones exigidas por normas y disposiciones vigentes referidas a un correcto y adecuado estudio, planteando alternativas que sean uso adecuado y beneficio para el presente estudio.

### **Impacto Social:**

La localización muchas veces puede presentar limitaciones en la flexibilidad de la operación, en el mantenimiento y en la administración de la misma, las limitaciones que fijan su actividad y hacen muy poco posible y conveniente un cambio posterior para el mejor desempeño de la planta de producción agroindustrial en cuanto a su producción que es el objetivo principal de la empresa, cuenta con una localización estratégica aceptable que permite mayor facilidad al momento de recibir su materia prima y al momento de distribuir su producto final.

## **13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO**

### **Factibilidad Técnica**

De acuerdo al análisis técnico realizado, la compensación automática es la más conveniente para la planta agroindustrial por todos sus beneficios técnicos; además porque el sistema de compensación automática satisface las necesidades de potencia reactiva variable del sistema eléctrico de la planta



Por tal motivo el análisis económico servirá para determinar si el diseño realizado (Diseño de un Banco de Condensadores para la Corrección del Factor de Potencia) es conveniente, o si se seguirá pagando las penalizaciones a la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A por una demanda de potencia reactiva. El análisis económico debe considerar los costos y beneficios que se derivarán del proyecto y se los valorará para determinar si su ejecución es o no conveniente.

Este análisis económico, desde el punto de vista empresarial, es esencial porque permitirá saber si se recuperará o no la inversión y si se pueden pagar los costos de operación y mantenimiento que aseguren la continuidad del proyecto.” Debido a esto se hace muy necesario este tipo de análisis para conocer los métodos que permitirán evaluar el proyecto.

### **Tasa interna de retorno TIR**

La tasa interna de retorno es un método para la evaluación financiera de proyectos que iguala el valor presente de los flujos de caja esperados con la inversión inicial. La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés producida por un proyecto de inversión con pagos (valores negativos) e ingresos (valores positivos) que ocurren en períodos regulares. . Matemáticamente se expresa, como la tasa K requerida para que la siguiente expresión sea cero:

$$VPF = \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+K)^j} \times F_0 = 0$$

$F_0$  = Inversión inicial

$F_j$  = Flujos netos por periodo

K = Tasa de descuento

J = Periodo

### **Calculo para mejorar el bajo factor de potencia**

Fp1 = 0.86

Fp2 = 0.95

$$\Theta_1 = 30.68$$

$$\Theta_2 = 18.19$$

Para el cálculo del capacitor lo realizamos mediante la siguiente ecuación

$$QC = Q_1 - Q_2 = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Cálculo de la potencia reactiva necesaria el factor de potencia promedio del

Del tablero es de 0,86 y se desea mejorar a 0,95

Valores equivalentes del ángulo del factor de potencia para el cálculo necesario

$$\cos(0.86)^{-1} = 30.68$$

$$\cos(0.95)^{-1} = 18.19$$

$$\tan(30.68) = 0.59$$

$$\cos(18.19) = 0.33$$

En la siguiente ecuación podemos verificar la circulación de corriente que circula por el conductor antes y después de mejorar el factor de potencia

$$I_1 = \frac{26kW}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.86} = 79.33A$$

$$I_2 = \frac{26kW}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.95} = 71.82A$$

La diferencia de la corriente que se reduce es de 7.51A que es el 9,46% por cada Fase.

$$QC_{nuevo} = 26kW \times (0.59 - 0.33) = 6.76KVar$$

$$QC_{nuevo} = 7KVar$$

## Equipos y materiales para el banco de capacitores

**Tabla 40:**Presupuesto banco de capacitores

PRESUPUESTO BANCO DE CAPACITORES					
CLIENTE:		PLANTA AGROINDUSTRIAL UTC			
FECHA :		26/12/2016			
LOCALIZACION:					
ITEM	UNIDAD	ESPECIFICACIONES	CAN.	P. UNIT.	TOT AL
DATOS TECNICOS: TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 30KVA. 220V. DEMANDA DEL MES DE OCTUBRE 18KW f.p 0,859					
1	C/U	BANCO PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA CON PROGRAMADOR SEMANAL. CONTIENE LO SIGUIENTE: 1 BREAKER. 1 CONTACTOR. 1 CONDENSADOR 220V PARA SUBIR A 0,95. DE 10KVAR 1 RELOJ SEMANAL PARA PROGRAMAR DE LUNES A SÁBADO DE ACUERDO AL AHORARIO QUE TRABAJEN	1	470,00	470,00
2	C/U	CABLES TERMINALES Y ACCESORIOS	1	100,00	100,00
TOTAL MATERIALES			570,00		
MANO DE OBRA			1,00	150,00	150,00
SUBTOTAL 14%			720,00		
IVA 14%			100,80		
TOTAL			820,80		

Elaborado por: Los Postulantes

### Ahorro proyectado con factor de potencia mejorado

Al incrementar la nueva carga se debe aumentar la capacidad del banco de capacitores, puesto que la fábrica está siendo penalizada por bajo factor de potencia.

Al respecto se presenta un análisis económico que resulta al incrementar los 7kVAr al banco. Por ello es necesario calcular la tarifa por penalización de bajo factor de potencia. Empleamos la fórmula obtenida de pliego tarifario, (ARCONEL, 2016, pág. 18) .

$$P = \left( \frac{Fp1}{Fp2} - 1 \right) * (USD Consumo + USD Demanda + USD Comercializacion)$$

Dónde:

P: Penalización en USD por bajo factor de potencia

fp1: Factor de potencia límite 0,92

fp2: Factor de potencia promedio de la fábrica

USD consumo: dólares que se cobra por consumo de energía mensual

USD demanda: dólares que se cobra por consumo de demanda mensual en kW

USD comercialización: constante 1,414 USD

El factor de potencia promedio de la industria sin la implementación de la nueva área es de 0.86, valor obtenido del analizador de redes que se instaló en la planta de producción. Con este valor de FP se procede al cálculo del banco de capacitores, al cálculo del ahorro al implementar el banco de capacitores

$$FC = \frac{DP}{DM}$$

Donde FC= Factor de corrección

DP= Demanda pico registrada de 11:00 pm a 3:00 pm

DM= Demanda máxima registrada durante el mes

$$FC = \frac{17KW}{18KW}$$

El FC calculado es 0.94 pero la normativa del reglamento de tarifas establece que el valor de cuya relación de los datos de demanda en hora pico (DP) y demanda máxima (DM) se encuentra en el rango mayor a 0,9 y menor o igual a 1 se debe aplicar el factor de corrección de 1.20 establecido por el pliego tarifario.

$$FC = 1.20 * 4.576 = 5.4912$$

$$USD Consumo = FC * DM$$

$$USD Consumo = 5.4912 * 18kw = \$98.84$$

$$USD Demanda = Demanda mensual * \$0.093$$

$$USD Demanda = 1390kWh/mes * \$0.093$$

$$USD\ Demanda = 129.27$$

$$P = \left( \frac{Fp1}{Fp2} - 1 \right) * (USD\ Consumo + USD\ Demanda + USD\ Comercializacion)$$

$$FP1=0.92$$

$$FP2=0.85$$

$$P = \left( \frac{0.92}{0.85} - 1 \right) * (\$98.84 + \$129.27 + \$1.414)$$

$$P = \$16\ Mensual$$

$$P = \$192.24\ Anual$$

Al implementar el banco de capacitores se tienen un ahorro mensual de \$ 16 al mes, lo cual resulta beneficioso para la industria ya que es un gasto que se puede evitar al corregir el factor de potencia. Los resultados son positivos ya que el nivel de pérdidas del sistema es reducido notablemente esto representa un beneficio económico a favor de la universidad

### **Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión**

Utilizando el concepto del valor presente y con un interés del 12% se tiene la siguiente expresión la cual permite calcular el valor presente de una serie de anualidades constantes que se pagan en un lapso de tiempo definido.

$$VP = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Además para traer a valor presente una cantidad que se encuentra ubicada en un tiempo diferente al año cero y que no es una serie de anualidades constante se utilizará la siguiente expresión.

$$VP = A \ln \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

**Dónde:**

VP: es el valor presente.

A: es la anualidad que se requiere traer a valor presente.

AIn: es el valor que se requiere traer a valor presente.

i: es la tasa de inversión anual.

n: es el periodo de años.

**Cálculo del VP1 costos de inversión**

**INV:** son los costos de adquisición de materiales e instalación del equipo (\$ 820.80), es la inversión inicial.

**O:** son los costos por operación mantenimiento del equipo (\$ 50) cada año.

**S:** es el costo por la reposición de una unidad del banco (\$ 100).

**R:** es el costo de retiro del equipo al final de su vida útil (\$ 60).

**P:** son las penalizaciones por motivo de un bajo factor de potencia (\$192.24).

Como este valor se encuentra en el año cero este será el mismo teniendo así:

$$VP1 = INV$$

$$VP1 = 820.80 \text{ USD}$$

**Cálculo del VP2 costos de operación y mantenimiento**

Como los costos de operación y mantenimiento son valores constantes de anualidades que se pagan en un lapso de tiempo definido se tiene:

$$VP2 = 50 \left[ \frac{(1 + 0,12)^{15} - 1}{0,12(1 + 0,12)^{15}} \right]$$

$$VP2 = 340.50 \text{ USD}$$

### **Cálculo del VP3 costo por reposición de una unidad**

Como el valor por reposición de una unidad, es una cantidad que se encuentra ubicada en un tiempo diferente al año cero 60 USD (año 3 según el flujo de caja), se tiene:

$$VP3 = \left[ \frac{100 \text{ USD}}{(1 + 0,12)^{15}} \right]$$

$$VP3 = 18.26 \text{ USD}$$

### **Cálculo del VP4 costo de retiro de la unidad al final de su vida útil**

Este valor presenta las mismas características que VP3 con la única diferencia que el periodo de años es igual a 15 se tiene:

$$VP4 = \left[ \frac{60 \text{ USD}}{(1 + 0,12)^{15}} \right]$$

$$VP4 = 10.96 \text{ USD}$$

### **Cálculo del VP total de los costos de inversión**

Este valor se determinar con la sumatoria de los valores presentes ya calculados.

$$CI = VP = VP1 + VP2 + VP3 + VP4$$

$$CI = 820.8 + 340.5 + 18.26 + 10.96$$

$$CI = 1190.52$$

### **Cálculo del valor presente de las penalizaciones**

Las penalizaciones presentan valores constantes de anualidades que se pagan en un Lapso de tiempo definido, se tiene:

$$VP = 192.24 \left[ \frac{(1 + 0,12)^{15} - 1}{0,12(1 + 0,12)^{15}} \right]$$

$$VP = 1309.15 \text{ USD}$$

Cabe indicar que este valor será el beneficio económico que se tendrá al instalar un banco de condensadores en un periodo de 15 años.

### **Determinación del valor presente neto VPN**

El valor presente neto es el valor presente de un conjunto de flujos de efectivo futuros menos su costo de inversión) se tiene:

$$VP = VP - CI$$

$$VP = 1309.15 - 1190.52$$

$$VP = 118.63 \text{ USD}$$

### **Relación beneficio/costo**

Es la relación entre el valor presente respecto a la inversión inicial

$$\frac{B}{C} = \frac{1309.15}{1190.52}$$

$$\frac{B}{C} = 1.09$$

### **Período de recuperación de la inversión**

Para determinar el período de recuperación del capital se tiene:

$$RC = \frac{1309.15}{1190.52} \times 12 \text{ meses}$$



$$RC = 13 \text{ meses}$$

### Resumen de resultados

Para los indicadores de rentabilidad se consideró una tasa de interés anual del 12 % y un horizonte de evaluación de 5 años. Además se pudo determinar si el proyecto es factible o no.

**Tabla 41:** indicadores

INDICADOR	VALOR	DETALLE
Valor Presente Neto (VPN)	118.63	> 0 el proyecto es rentable debe ser aceptado
Relación Costo Beneficio (B/C)	1.09	> 1 se acepta el proyecto
Periodo de Recuperación	13 meses	

**Elaborado por:** Los Postulantes

### Presupuesto instalaciones del interior de la nueva área de la planta agroindustrial

El presente presupuesto fue realizado en base a las especificaciones técnicas realizadas de la planta agroindustrial

El presente presupuesto fue realizado en base a las especificaciones técnicas realizadas de la planta agroindustrial

**Tabla 42::** Presupuesto planta agroindustrial

PRESUPUESTO PLANTA AGROINDUSTRIAL					
CLIENTE:		PLANTA AGROINDUSTRIAL UTC			
FECHA :		26/12/2016			
LOCALIZACIO:					
ITEM	UNIDAD	ESPECIFICACIONES	CANT.	P.UNIT.	P. TOTAL
1	m	TUBERÍA EMT ½ PULG.	60	2,60	156,00
2	m	ALAMBRE FLEX #12 AWG	200	0,45	90,00
3	m	ALAMBRE FLEX #14 AWG	100	0,33	33,00
4	m	ALAMBRE FLEX #10 AWG	100	0,72	72,00
5	C/U	UNIÓN EMT DE ½ PULG.	30	0,60	18,00
7	C/U	ABRAZADERA METÁLICA DE ½ PULG.	10	0,55	5,50
8	C/U	CENTRO DE CARGA DE 6 PUNTOS	2	29,64	59,28

9	m	BANDEJA PORTA CABLES TIPO ESCALERA, 600X100X3000 mm	20	30,64	612,80
10	C/U	BANDEJA PORTA CABLES TIPO ESCALERA CURVA VERTICAL EXTERNA 90° 150x100 mm	4	30,00	120,00
11	C/U	BANDEJA PORTA CABLES TIPO ESCALERA CURVA VERTICAL EXTERNA 90° 300x100 mm	4	44,18	176,72
12	C/U	CAJETIN REDONDO	12	1,20	14,40
13	C/U	KIT PARA INSTALAR LUMINARIAS COLGANTES	14	10,00	140,00
14	C/U	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 125 A	1	150,00	150,00
15	C/U	LÁMPARA FLUORESCENTE 2X36W	14	28,00	392,00
16	C/U	BREAKER 1 POLO 20 AMP	2	5,50	11,00
17	C/U	BREAKER 3 POLOS 40 Amp	1	35,00	35,00
18	C/U	TOMACORRIENTE POLARIZADO 127V	2	1,65	3,30
19	C/U	TOMACORRIENTE ESPECIAL 220V	7	5,71	39,97
20	C/U	CONMUTADOR DOBLE	4	3,26	13,04
21	C/U	TAIPE	5	0,67	3,35
			<b>2.145,36</b>		
<b>TOTAL MATERIALES</b>			<b>2.145,36</b>		
<b>MANO DE OBRA</b>			1	500,00	500,00
<b>DIRECCION TECNICA</b>			1	150,00	150,00
<b>TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES</b>			1	50,00	50,00
<b>SUBTOTAL 14%</b>			<b>2.795,36</b>		
<b>SUBTOTAL 0%</b>			<b>50,00</b>		
<b>TOTAL</b>			<b>2.845,36</b>		

Elaborado por: Los Postulantes

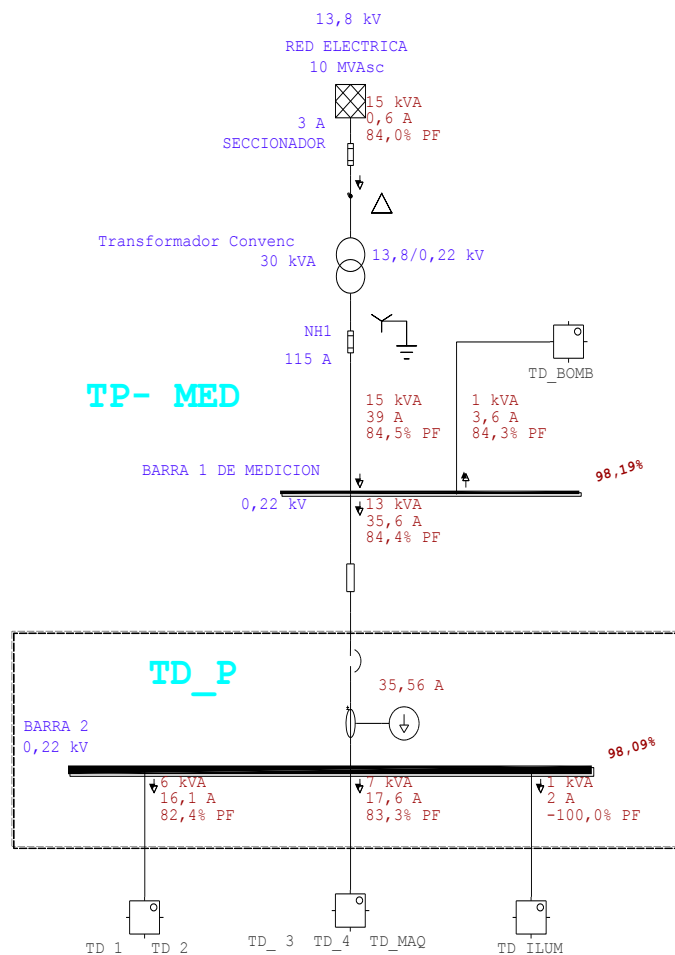
Dependiendo el número de eventos registrados el factor de potencia mínimo fue de 0,69 mientras que el factor de potencia promedio es de 0,86, el factor de potencia máxima fue 0,93.

La Planta Agroindustrial tiene un bajo factor de potencia que está en el rango de 0,85 a 0,86, el promedio estimado del factor de potencia es de 0,86 lo cual está siendo penalizado por no cumplir con los rangos permitidos que establece el ARCONEL en la regulación 004/01, dicha regulación establece un valor mínimo de factor de potencia de 0,92, si este valor es menor la empresa distribuidora penaliza económicamente por tener un bajo factor de potencia.

Una vez determinado el nivel actual de factor de potencia, es necesario determinar el comportamiento del sistema eléctrico y revisar los parámetros para realizar correcciones, se procede a realizar la simulación del sistema existente. En la **Figura 16** se muestra los

parámetros en la barra de medición que nos permitirá comprobar si existe un bajo factor de potencia.

**Figura 16:** Potencia activa, corriente y factor de potencia de la Carga Existente



**Elaborado por:** Los Postulantes

En el diagrama del sistema eléctrico existe un bajo factor de potencia en la barra de medición de 0,85, se comprueba que la industria está siendo penalizada.

### Potencias proyectadas en la Planta de Producción Agroindustrial

La fábrica estima a corto plazo una proyección de nuevos equipos eléctricos en sus diferentes áreas como el área de lácteos se incorporara una nueva máquina de homogenizador, el área de yogurt se incorporara dos marmitas, el área de frutas se incorporara un horno, está proyectado a corto plazo la construcción de 16 metros de largo por 9 metros de ancho total de área será 144 metros cuadrados construidos en la planta de producción, esta nueva área a construirse será para extender el área de cárnicos, por lo que actualmente los equipos eléctricos se

encuentran estrechamente ubicados, esta nueva área de cárnicos permitirá incorporara nuevos equipos eléctricos como un cuarto frío, una cierra circular y la parte de iluminación. En el **ANEXO 2** podemos observar los planos de la Planta Agroindustrial del área proyectada e existente de iluminación y de los nuevos equipos a instalarse.

**Tabla 43:** Potencias proyectadas en la Planta de Producción de la UTC

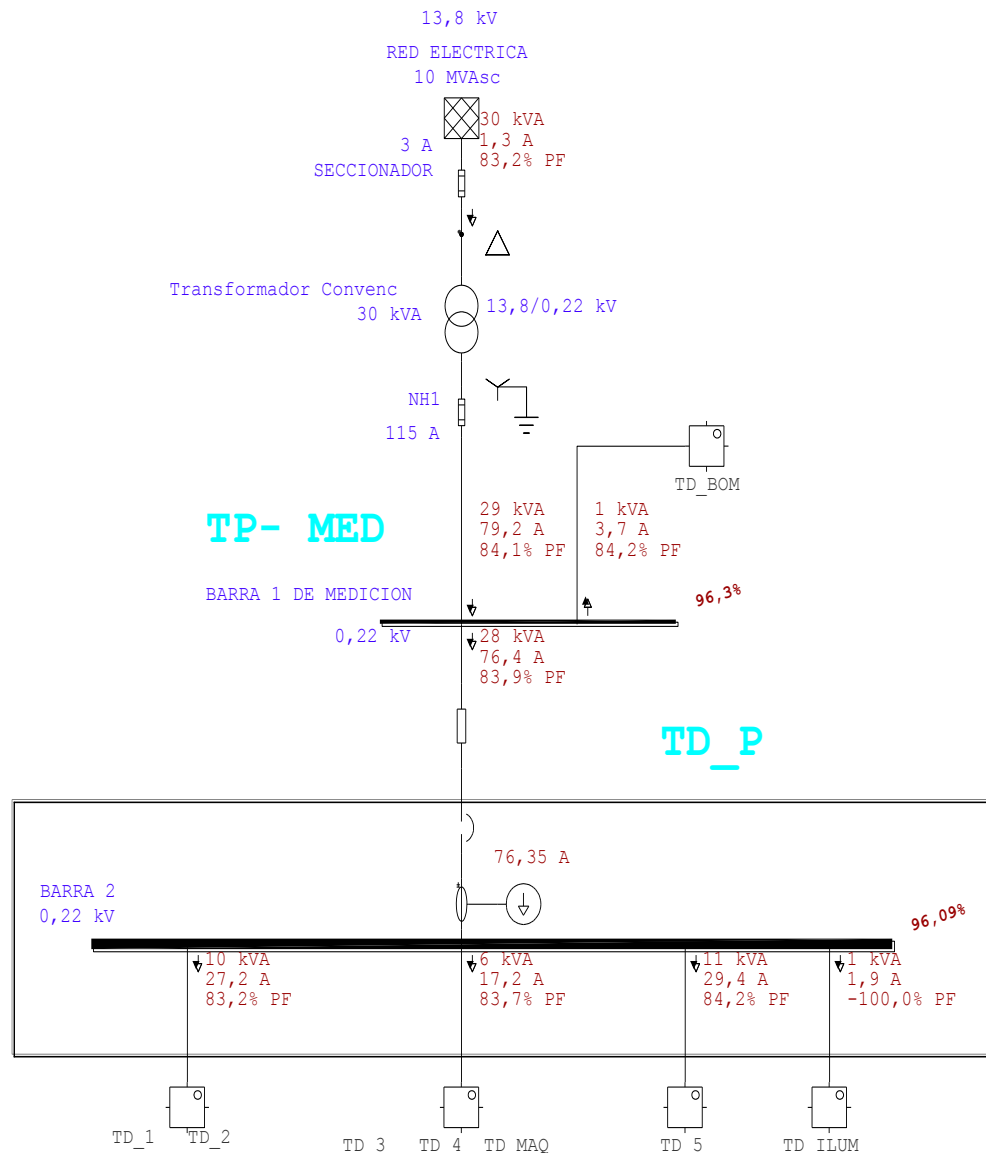
ÁREA	TIPO	CAN.	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PROYECTADOS						
			KVA	KW	AMP	HP	VOLTAJE	HZ	FP
LÁCTEOS	HOMOGENIZADOR	1	2,79	2,23	10	3	220	60	0,8
YOGURT	MARMITA 1	1	2,05	1,5	4,8	3	220	60	0,8
	MARMITA 2	1	2,05	1,5	4,8	3	220	60	0,8
FRUTAS	HORNO	1	0,8	0,19	5,73	0,5	127	60	0,8
CARNICOS	CIERRA CIRCULAR	1	1,2	0,75	13,5 / 6,75	1	220/127	60	0,8
	LUMINARIA	8	2,56	2,56	46,56	3,43	127	60	1
CUARTO FRÍO	VENTILADOR 1	1	1,37	1,1	3,6	3	220	60	0,8
	VENTILADOR 2	1	1,37	1,1	3,6	3	220	60	0,8
	VENTILADOR 3	1	1,37	1,1	3,6	3	220	60	0,8
	LUMINARIA	2	0,16	0,16	1,44	0,2	127	60	1
<b>TOTAL</b>			<b>15,72</b>	<b>12,19</b>	<b>84,13</b>				

Elaborado por: Los Postulantes

### Simulación en el programa ETAP 12.6.0 incorporando las nuevas cargas.

Se procederá a realizar la simulación, incrementando al sistema eléctrico las nuevas cargas proyectadas, se analizó los resultados finales mediante un modelo de diagrama unifilar trazado en el programa ETAP 12.6.0. Ver diagrama completo en **ANEXO 2**. Se realizó un modelando de análisis de flujo de carga, los valores obtenidos como caídas de voltaje en las barras y nodos, potencia aparente, corriente y factor de potencia. El sistema eléctrico de la industria asumiendo las nuevas cargas proyectadas tiene un bajo factos de potencia de 0,86 que es penalizado por la empresa distribuidora como se indica en la **Figura: 17**.

**Figura 17:** Valores de potencia, corriente y fp con las nuevas cargas.



**Elaborado por:** Los Postulantes

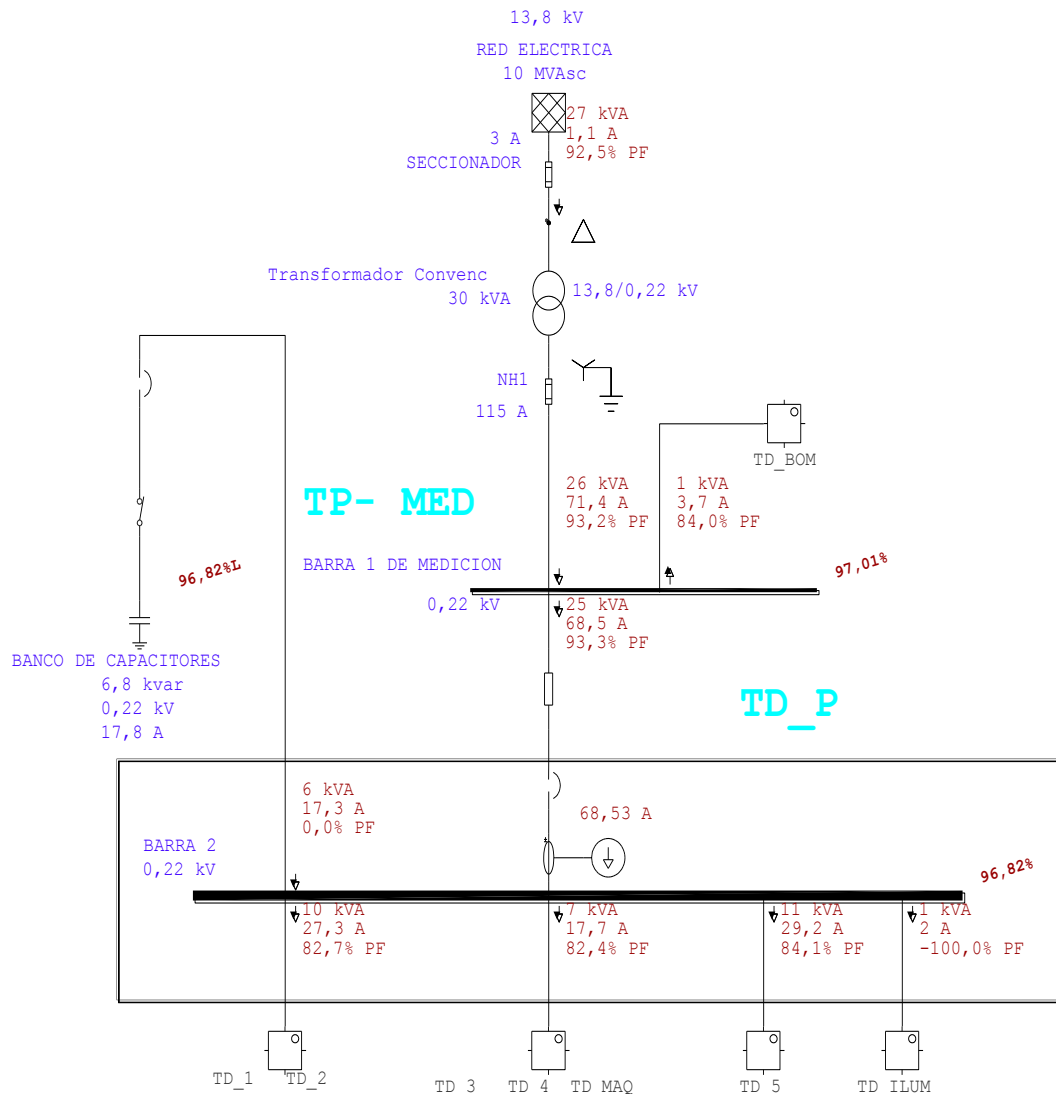
### **Simulación en el programa ETAP 12.6.0 incorporando un banco de capacitores.**

El banco de capacitores proyectado en la industria está instalado en el tablero principal, está proyectada su instalación por un circuito electrónico automático.

La compensación de energía reactiva mediante Bancos de condensadores en la Planta Agroindustrial se efectúa para no pagar energía reactiva al suministrador de energía eléctrica de la ELEPCO por bajo factor de potencia de 0,86, para disminuir caídas de voltaje, para minimizar pérdidas de energía, para ampliar la capacidad de transmisión de potencia activa en

los cables. En la **Figura 18** se puede observar que el factor de potencia está en el rango de 0,93 en las barras de medición al instalarse el banco de condensadores.

**Figura 18:** Barra de medición que mejora el bajo factor de potencia de 0,86 a 0,93.



**Elaborado por:** Los Postulantes

Los Bancos de Condensadores a instalarse son automáticos, en nuestra propuesta se mejoró el factor de potencia de 0,86 a 0,93 que según regulación del ARCONEL está dentro de los rangos permitidos.

### Resultados obtenidos de la simulación en el programa ETAP del sistema eléctrico proyectado.

A continuación se presentara las tablas de resultados del flujo de carga en las barras, ramas, cargas y fuente del sistema eléctrico proyectado de la planta de producción, estos resultados

obtenidos nos dan valores correspondientes a potencia activa, potencia reactiva, corriente, factor de potencia, perdidas y flujo, la simulación nos determina las caídas de voltaje en cada uno de las barras y nodos del sistema eléctrico. El diagrama completo del sistema eléctrico se presenta en el **ANEXO 2**.

Las características de la instalación considerada en el programa ETAP 12.6.0 para analizar el flujo de cargas son las presentadas en la tabla descrita a continuación:

**Tabla 44:** Informe general de los datos del sistema eléctrico proyectado.

Descripción	Datos
Nº de Buses /Nodos	55
Nº de Ramas	54
Nº de Redes	1
Nº de Cargas	40
Potencia activa consumida (KW)	25
Potencia reactiva consumida (Kvar)	10
Potencia activa generada por la instalación (KW)	25
Potencia reactiva generada por la instalación (Kvar)	10
Potencia activa de pérdidas (kW)	1
Potencia reactiva de pérdidas (kvar)	1

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 45:** Resultados de las barras y nodos del sistema proyectado.

Barra ID	Nominal kV	Tipo	Voltaje (%)	Carga kW	Carga kvar	Carga Amp
<b>BARRA 1 DE MEDICION</b>	0,22	Carga	97,01	24,785	9,851	72,15
<b>BARRA 2</b>	0,22	Carga	96,82	23,508	15,208	75,89
<b>BARRA 3</b>	0,22	Carga	96,82	5,39	3,705	17,73
<b>BARRA 4</b>	0,22	Carga	96,82	8,336	5,672	27,33
<b>BARRA 5</b>	0,22	Carga	96,82	0,722	0,007	1,958
<b>BARRA 6</b>	0,22	Carga	96,8	1,175	0,767	3,805
<b>BARRA 7</b>	0,22	Carga	96,76	2,062	1,39	6,744
<b>BARRA 8</b>	0,22	Carga	96,76	2,697	1,767	8,745
<b>BARRA 9</b>	0,22	Carga	96,73	3,569	2,369	11,62
<b>BARRA 10</b>	0,22	Carga	96,63	5,087	3,439	16,67

<b>BARRA 11</b>	0,22	Carga	96,75	0,749	0,01	2,032
<b>BARRA 12</b>	0,22	Carga	96,97	1,187	0,753	3,804
<b>BARRA NEW 1</b>	0,22	Carga	96,82	9,06	5,831	29,2
<b>BARRA NEW 2</b>	0,22	Carga	96,47	9,072	5,846	29,36
<b>NODO 1</b>	13,8	Fuente	100	25,145	10,359	1,138
<b>NODO 2</b>	0,22	Carga	96,8	0,187	0,131	0,619
<b>NODO 3</b>	0,22	Carga	96,78	0,692	0,44	2,223
<b>NODO 4</b>	0,22	Carga	96,79	0,296	0,197	0,964
<b>NODO 5</b>	0,22	Carga	96,76	0,016	0,002	0,042
<b>NODO 6</b>	0,22	Carga	96,74	0,562	0,365	1,819
<b>NODO 7</b>	0,22	Carga	96,75	0,151	0,107	0,503
<b>NODO 8</b>	0,22	Carga	96,7	0,964	0,628	3,121
<b>NODO 9</b>	0,22	Carga	96,74	0,477	0,301	1,53
<b>NODO 10</b>	0,22	Carga	96,75	0,332	0,217	1,076
<b>NODO 11</b>	0,22	Carga	96,76	0,017	0,002	0,046
<b>NODO 12</b>	0,22	Carga	96,75	0,237	0,158	0,771
<b>NODO 13</b>	0,22	Carga	96,75	0,354	0,243	1,165
<b>NODO 14</b>	0,22	Carga	96,74	0,458	0,308	1,496
<b>NODO 15</b>	0,22	Carga	96,75	0,144	0,103	0,48
<b>NODO 16</b>	0,22	Carga	96,75	0,147	0,104	0,489
<b>NODO 17</b>	0,22	Carga	96,73	0,487	0,316	1,574
<b>NODO 18</b>	0,22	Carga	96,75	0,097	0,069	0,322
<b>NODO 19</b>	0,22	Carga	96,75	0,122	0,086	0,405
<b>NODO 20</b>	0,22	Carga	96,72	0,357	0,254	1,188
<b>NODO 21</b>	0,22	Carga	96,71	0,456	0,307	1,493
<b>NODO 22</b>	0,22	Carga	96,73	0,193	0,138	0,643
<b>NODO 23</b>	0,22	Carga	96,6	0,573	0,387	1,877
<b>NODO 24</b>	0,22	Carga	96,61	0,299	0,214	0,998
<b>NODO 25</b>	0,22	Carga	96,58	0,903	0,61	2,961
<b>NODO 26</b>	0,22	Carga	96,59	0,381	0,257	1,248
<b>NODO 27</b>	0,22	Carga	96,62	0,164	0,121	0,553
<b>NODO 28</b>	0,22	Carga	96,54	1,698	1,15	5,574
<b>NODO 29</b>	0,22	Carga	96,62	0,097	0,069	0,324
<b>NODO 30</b>	0,22	Carga	96,73	0,055	0	0,15
<b>NODO 31</b>	0,22	Carga	96,72	0,1	0,001	0,271
<b>NODO 32</b>	0,22	Carga	96,69	0,212	0,001	0,576
<b>NODO 33</b>	0,22	Carga	96,7	0,17	0,001	0,462
<b>NODO 34</b>	0,22	Carga	96,64	0,211	0	0,573



<b>NODO 35</b>	0,22	Carga	96,95	1,187	0,753	3,804
<b>NODO NEW 1</b>	0,22	Carga	96,59	0,969	0,631	3,14
<b>NODO NEW 2</b>	0,22	Carga	96,6	2,558	1,67	8,3
<b>NODO NEW 3</b>	0,22	Carga	96,74	0,194	0,147	0,66
<b>NODO NEW 4</b>	0,22	Carga	96,46	0,301	0,214	1,005
<b>NODO NEW 5</b>	0,22	Carga	96,25	8,621	5,63	28,08
<b>NODO NEW 6</b>	0,22	Carga	96,45	0,122	0,001	0,331

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 46:** Proyección del flujo de carga en las ramas de los cables.

ID	Longitud	Conductor	Flujo (kW)	Flujo (kvar)	Flujo (Amp)	% FP	Carga (%)	Caída de Voltaje (%)	Pérdidas (kW)	Pérdidas (kvar)
<b>Cable 1</b>	25 m	3 - 1/C 1/0	23,64	9,111	68,53	93,31	38,7	0,19	0,046	0,021
<b>Cable 2</b>	18 m	3 - 1/C 8	1,145	0,74	3,688	83,99	5,8	0,04	0,001	0
<b>Cable 3</b>	8 m	3 - 1/C 8	1,007	0,701	3,325	82,08	5,2	0,02	0	0
<b>Cable 4</b>	16 m	3 - 1/C 8	1,844	1,3	6,115	81,74	9,6	0,06	0,002	0
<b>Cable 5</b>	11 m	3 - 1/C 8	2,539	1,705	8,29	83,02	13	0,05	0,002	0
<b>Cable 6</b>	13 m	3 - 1/C 8	3,432	2,314	11,22	82,92	17,5	0,09	0,004	0
<b>Cable 7</b>	20 m	3 - 1/C 8	4,904	3,358	16,11	82,51	25,2	0,19	0,013	0,001
<b>Cable 8</b>	20 m	3 - 1/C 12	0,722	- 0,007	1,958	-100	5,6	0,07	0,001	0
<b>Cable 9</b>	8 m	2 - 1/C 10	0,187	0,131	0,619	82,02	1,8	0,01	0	0
<b>Cable 10</b>	7 m	2 - 1/C 10	0,692	0,44	2,223	84,41	6,4	0,02	0	0
<b>Cable 11</b>	8 m	2 - 1/C 10	0,296	0,197	0,964	83,25	2,8	0,01	0	0
<b>Cable 12</b>	7 m	1 - 1/C 12	0,017	0,002	0,046	99,14	0,1	0	0	0
<b>Cable 13</b>	9 m	2 - 1/C 10	0,237	0,158	0,771	83,26	2,2	0,01	0	0
<b>Cable 14</b>	9 m	2 - 1/C 10	0,354	0,243	1,165	82,43	3,3	0,01	0	0
<b>Cable 15</b>	11 m	2 - 1/C 10	0,458	0,308	1,496	82,97	4,3	0,02	0	0
<b>Cable 16</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,144	0,103	0,48	81,21	1,4	0,01	0	0
<b>Cable 17</b>	13 m	2 - 1/C 10	0,147	0,104	0,489	81,77	1,4	0,01	0	0
<b>Cable 18</b>	14 m	2 - 1/C 10	0,487	0,316	1,574	83,86	4,5	0,03	0	0
<b>Cable 19</b>	16 m	2 - 1/C 10	0,097	0,069	0,322	81,27	0,9	0,01	0	0
<b>Cable 20</b>	17 m	2 - 1/C 10	0,122	0,086	0,405	81,71	1,2	0,01	0	0
<b>Cable 21</b>	9 m	1 - 1/C 12	0,016	0,002	0,042	99,5	0,1	0	0	0
<b>Cable 22</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,563	0,365	1,819	83,88	5,2	0,03	0	0
<b>Cable 23</b>	19 m	2 - 1/C 10	0,151	0,107	0,503	81,57	1,4	0,01	0	0
<b>Cable 24</b>	15 m	2 - 1/C 10	0,964	0,628	3,121	83,8	8,9	0,06	0,001	0
<b>Cable 25</b>	13 m	2 - 1/C 10	0,477	0,301	1,53	84,58	4,4	0,03	0	0

<b>Cable 26</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,332	0,217	1,076	83,72	3,1	0,02	0	0
<b>Cable 27</b>	10 m	2 - 1/C 10	0,357	0,254	1,188	81,48	3,4	0,02	0	0
<b>Cable 28</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,457	0,307	1,493	82,97	4,3	0,02	0	0
<b>Cable 29</b>	8 m	2 - 1/C 10	0,193	0,138	0,643	81,36	1,8	0,01	0	0
<b>Cable 30</b>	12 m	2 - 1/C 10	0,573	0,387	1,877	82,91	5,4	0,03	0	0
<b>Cable 31</b>	14 m	2 - 1/C 10	0,299	0,214	0,998	81,4	2,9	0,02	0	0
<b>Cable 32</b>	13 m	2 - 1/C 10	0,903	0,61	2,961	82,85	8,5	0,05	0,001	0
<b>Cable 33</b>	11 m	1 - 1/C 10	0,381	0,257	1,248	82,88	2,9	0,04	0	0
<b>Cable 34</b>	9 m	2 - 1/C 10	0,164	0,121	0,553	80,45	1,6	0,01	0	0
<b>Cable 35</b>	13 m	2 - 1/C 10	1,7	1,15	5,574	82,82	15,9	0,1	0,002	0
<b>Cable 36</b>	15 m	2 - 1/C 10	0,097	0,069	0,324	81,35	0,9	0,01	0	0
<b>Cable 37</b>	19 m	1 - 1/C 14	0,055	0	0,15	100	0,3	0,02	0	0
<b>Cable 38</b>	13 m	1 - 1/C 14	0,1	0,001	0,271	100	0,6	0,03	0	0
<b>Cable 39</b>	13 m	1 - 1/C 14	0,212	0,001	0,576	100	1,3	0,06	0	0
<b>Cable 40</b>	13 m	1 - 1/C 14	0,17	0,001	0,462	100	1,1	0,05	0	0
<b>Cable 41</b>	23 m	1 - 1/C 14	0,211	0	0,573	100	1,3	0,11	0	0
<b>Cable 42</b>	6 m	3 - 1/C 10	1,187	0,753	3,804	84,45	10,9	0,02	0	0
<b>Cable New 1</b>	14 m	3 - 1/C 10	0,969	0,631	3,14	83,82	9	0,04	0,001	0
<b>Cable New 2</b>	12 m	2 - 1/C 10	2,563	1,67	8,3	83,78	23,7	0,13	0,005	0
<b>Cable New 3</b>	8 m	1 - 1/C 12	0,194	0,147	0,66	79,76	1,5	0,02	0	0
<b>Cable New 4</b>	20 m	3 - 1/C 8	9,06	5,831	29,2	84,09	45,6	0,35	0,044	0,004
<b>Cable New 5</b>	11 m	2 - 1/C 10	0,301	0,214	1,005	81,51	2,9	0,01	0	0
<b>Cable New 6</b>	6 m	2 - 1/C 10	8,649	5,631	28,08	83,8	80,2	0,22	0,028	0,001
<b>Cable New 7</b>	14 m	1 - 1/C 12	0,122	0,001	0,331	100	0,8	0,02	0	0

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 47:** Proyección de flujo de carga en las ramas del transformador trifásico.

ID	Voltaje	Potencia	Flujo (kW)	Flujo (kvar)	Flujo (Amp)	% FP	Carga (%)	Caída de Voltaje (%)	Pérdidas (kW)	Perdidas (kvar)
<b>Transformador Convenc</b>	13,8 / 0,22 kV	30 kVA	25,145	10,359	1,138	92,46	78,8	2,99	0,547	0,821

Fuente: ETAP.12.6.0

Elaborado por: Los Postulantes

**Tabla 48:** Resultados del flujo de carga de las diferentes maquinarias instaladas del sistema proyectado.

ID	Terminal Bus	Tipo	Potencia	Voltaje (V)	kW	kvar	Amp	% PF	% Carga	Vterminal
CARGA 1	NODO 11	Static	0,25 kVA	127	0,012	0	0,094	100	4,8	122,9

CARGA 2	NODO 5	Static	0,25 kVA	127	0,012	0	0,094	100	4,8	122,9
CARGA 3	NODO 30	Static	0,1 kVA	127	0,054	0	0,439	100	58	122,9
CARGA 4	NODO 31	Static	0,35 kVA	127	0,098	0	0,8	100	29	122,9
CARGA 5	NODO 32	Static	0,75 kVA	127	0,21	0	1,713	100	29	122,8
CARGA 6	NODO 33	Static	0,6 kVA	127	0,168	0	1,371	100	29	122,8
CARGA 7	NODO 34	Static	0,75 kVA	127	0,21	0	1,712	100	29	122,8
CARGA PROYECTADA 1	NODO NEW 6	Static	0,32 kVA	127	0,119	0	0,972	100	38,6	122,5
MOTOR 1	NODO 35	Induction	3,7 HP	220	1,161	0,745	3,734	84,17	30,9	213,3
MOTOR 2	NODO 2	Induction	1 HP	220	0,173	0,125	1	81,04	15,5	213
MOTOR 3	NODO 3	Induction	3,7 HP	220	0,676	0,433	3,771	84,17	20,7	212,9
MOTOR 4	NODO 4	Induction	2 HP	220	0,282	0,191	1,599	82,7	15,5	212,9
MOTOR 5	NODO 12	Induction	2 HP	220	0,223	0,152	1,269	82,7	10,3	212,9
MOTOR 6	NODO 13	Induction	1,5 HP	220	0,341	0,238	1,953	82,01	20,7	212,8
MOTOR 7	NODO 14	Induction	2 HP	220	0,447	0,304	2,539	82,7	20,7	212,8
MOTOR 8	NODO 15	Induction	0,75 HP	220	0,134	0,099	0,781	80,36	15,5	212,9
MOTOR 9	NODO 16	Induction	1 HP	220	0,138	0,1	0,801	81,04	12,4	212,9
MOTOR 10	NODO 17	Induction	3 HP	220	0,478	0,313	2,686	83,67	15,5	212,8
MOTOR 11	NODO 18	Induction	0,75 HP	220	0,089	0,066	0,521	80,36	10,3	212,9
MOTOR 12	NODO 19	Induction	1 HP	220	0,115	0,083	0,667	81,04	10,3	212,9
MOTOR 13	NODO 6	Induction	3 HP	220	0,553	0,362	3,106	83,67	20,7	212,8
MOTOR 14	NODO 7	Induction	1 HP	220	0,145	0,105	0,843	81,04	15,5	212,9
MOTOR 15	NODO 8	Induction	3 HP	220	0,956	0,626	5,373	83,67	31	212,7
MOTOR 16	NODO 9	Induction	3 HP	220	0,468	0,298	2,608	84,37	15,5	212,8
MOTOR 17	NODO 10	Induction	2 HP	220	0,323	0,213	1,817	83,4	15,5	212,8
MOTOR 18	NODO 20	Induction	1 HP	220	0,345	0,25	2,002	81,04	31	212,8
MOTOR 19	NODO 21	Induction	2 HP	220	0,447	0,304	2,54	82,7	20,7	212,8

MOTOR 20	NODO 22	Induction	0,75 HP	220	0,178	0,132	1,042	80,36	20,7	212,8
MOTOR 21	NODO 23	Induction	2 HP	220	0,563	0,383	3,204	82,7	31,1	212,5
MOTOR 22	NODO 24	Induction	1 HP	220	0,291	0,21	1,688	81,04	31,1	212,5
MOTOR 23	NODO 25	Induction	4 HP	220	0,894	0,608	5,087	82,7	20,7	212,5
MOTOR 24	NODO 26	Induction	2 HP	127	0,375	0,255	3,7	82,7	20,7	122,7
MOTOR 25	NODO 27	Induction	0,5 HP	220	0,15	0,115	0,89	79,39	31	212,6
MOTOR 26	NODO 28	Induction	2 HP	220	1,689	1,148	9,619	82,7	93,2	212,4
MOTOR 27	NODO 29	Induction	0,75 HP	220	0,089	0,066	0,522	80,36	10,3	212,6
MOTOR PROYECTADO 1	NODO NEW 1	Induction	3 HP	220	0,956	0,626	3,106	83,67	31,1	212,5
MOTOR PROYECTADO 2	NODO NEW 2	Induction	6 HP	220	2,55	1,669	14,34	83,67	41,4	212,5
MOTOR PROYECTADO 3	NODO NEW 3	Induction	0,5 HP	127	0,19	0,145	1,945	79,39	31	122,9
MOTOR PROYECTADO 4	NODO NEW 4	Induction	1 HP	220	0,291	0,21	1,69	81,04	31,1	212,2
MOTOR PROYECTADO 5	NODO NEW 5	Induction	9 HP	220	8,608	5,634	48,59	83,67	93,5	211,7

**Fuente:** ETAP.12.6.0

**Elaborado por:** Los postulantes

**Tabla 49:** Proyección del flujo de carga de la red eléctrica o fuente.

ID	Terminal Bus	TIPO	Potencia	Voltaje kV	MW	Mvar	Amp	% PF
RED ELECTRICA	NODO 1	Power Grid	10 MVA	13,8	0,025	0,01	1,138	92,46

**Fuente:** ETAP.12.6.0

**Elaborado por:** Los Postulantes

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- La información bibliográfica nos permite conocer técnicas de análisis de sistemas eléctricos mismas que se aplicaron en el estudio, además de brindar conocimientos relevantes orientados a simulación de circuitos para el desarrollo de la propuesta planteado del tema de investigación.
- Los niveles de cargabilidad de la acometida principal están en el rango permisible por fase, cabe resaltar que el nivel de voltaje promedio que se registró en el tablero principal de distribución es 220 Voltios con esto podemos decir que no existe caída de voltaje en la industria.
- Existen problemas de balance de cargas en las fases, debido a que no todas las cargas son trifásicas, lo que se afirma que la carga no se encuentra uniformemente distribuida en cada una de las fases, motivo por el cual es necesario hacer modificaciones en la distribución de carga entre fases.
- Con la implementación del banco de capacitores se tiene un ahorro anual de \$ 192.24 USD por penalización de bajo factor de potencia, inversión recuperable a 13 meses.

## RECOMENDACIONES

- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los motores de las maquinarias del área, puesto que están sometidos a condiciones de contaminación por material fino que puede provocar calentamientos excesivos en los bobinados.
- Se debe reemplazar un motor debido a que registra bajo rendimiento nominal esto indica que está consumiendo gran cantidad de corriente por el calentamiento de las bobinas.
- Balancear las fases ABC para mejorar el sistema eléctrico de la Planta de Producción debido a que no todas las cargas son trifásicas ya las cargas no se encuentra uniformemente distribuida en cada una de las fases.
- Se propone un banco de capacitores por un fajo factor de potencia que la industria tendrá por el aumento de nuevas cargas, proponiendo que la Planta de Producción no sea penalizado por un bajo factor de potencia representando economía de ahorro y reforzamiento del sistema eléctrico de la industria.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- ARCONEL. (08 de 12 de 2016). Resoluciones Pliegos Tarifarios. Recuperado el 10 de 02 de 2017, de Resolución N° ARCONEL - 051/16: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/resoluciones-pliegos-tarifarios/>
- Augusto, J. C. (2008). Diseño de Instalaciones Electricas. sartenejas: DEX.
- CATALOGO, A. T. (2016). Diseño de Instalaciones Electricas.
- CATALOGO, i. e. (2012). Iluminacion en el puesto de trabajo. madrid: DEX.
- CATALOGO, S. e. (2012). Eficiencia Energetica. sartenejas: DEX.
- Contrin, A. A. (2000). Instalaciones Electricas . Mexico: Mc Graw Hill.
- DIAL, N. (20 de enero de 2016). Dial. Recuperado el 01 de 07 de 2009, de <http://www.airfal.com/programa-calculo-iluminacion-dialux/electric>, S. (2011). Eficiencia Energetica. sartenejas: DEX.
- Enegineering, W. E. (1959). Distribution Systems . USA: East Pittsburgh .
- ENRIQUEZ, H. (1985). El ABC de las instalciones electricas Industriales . España : Limusa.
- ETAP Powerting Success. (2 de 9 de 2015). ETAP. Recuperado el 6 de 1 de 2016, de <http://www.etapven.com/>
- Frier, J. P. (1994). Sistemas de Iluminacion Industriales. Mexico: LIMUSA, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.
- HAWKING Stephen. (1986). Electric power distribution system engineering. Estados Unidos. Recuperado el 18 de 11 de 2015
- JURADO, C. A. (2008). Diseño de Instalaciones Electricas. Sartenejas: DEX.
- NEC, N. E. (2013). Istalaciones Electromecanicas. Quito: Camara de la Contruccion de Quito.
- Salgado, F. (2011). Eficiencia Energetica.
- SCHNEIDER. (2008). Mejora del factor de potencia y filtrado de armónicos. Recuperado el 28 de 10 de 2015, de [http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/distribucion\\_electrica/guia\\_instalaciones\\_electricas/capitulo-l-mejora-factor-potencia-filtrado-armonicos.pdf](http://www.schneiderelectric.es/documents/local/productos-servicios/distribucion_electrica/guia_instalaciones_electricas/capitulo-l-mejora-factor-potencia-filtrado-armonicos.pdf)

**NORMAS:**

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97, de 23 de abril.

UNE-EN 12464-:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: lugares de trabajo en interiores.

UNE 72163:1984. Niveles de iluminación. Asignación a tareas visuales.

UNE 72112:1985. Tareas visuales, clasificación.

ISO/CIE-8995-1:2002. Lighting of work places. Part 1: Indoor. (Corrigenda, Amendments and other parts.- ISO/CIE 8995-3:2006).



**16. ANEXO**

# ANEXOS

ANEXO 1

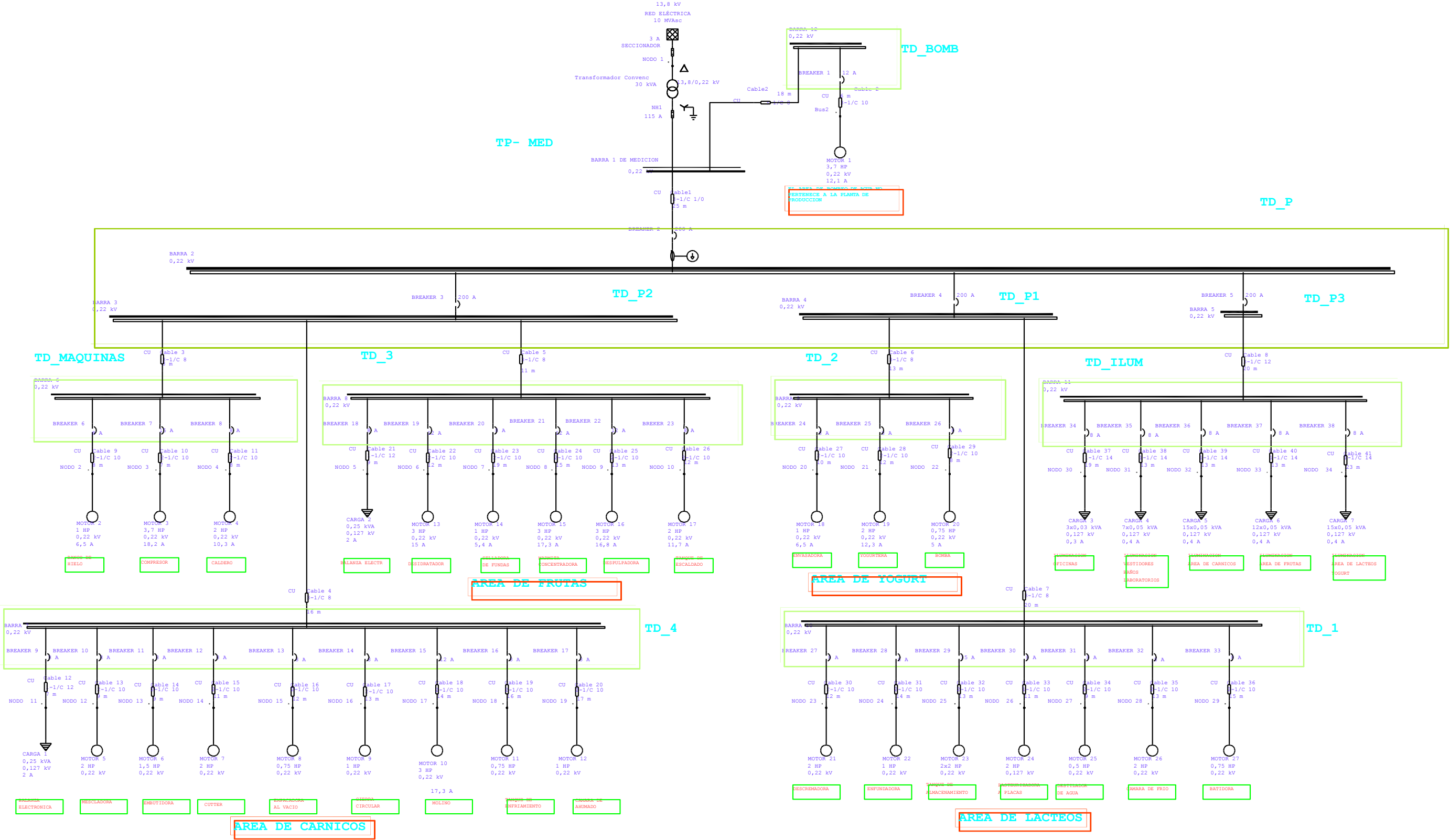


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL  
EXISTENTE (ETAP 12.6.0)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS			
PROYECTO DE TITULACION		"ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"	
AUTORES: <ul style="list-style-type: none"><li>• CRESPO MARCO</li><li>• CRESPIATA ALVARO</li></ul>			
DIRECTOR:		CONTENIDO:	
Msc. ING. PROAÑO XAVIER			
FACULTAD:		DIAGRAMA UNIFILAR DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL (ETAP 12.6.0)	
INGENIERÍA ELÉCTRICA			
ESCALA:		FECHA:	HOJA:
INDICADAS		FEBRERO - 2017	1 DE 2



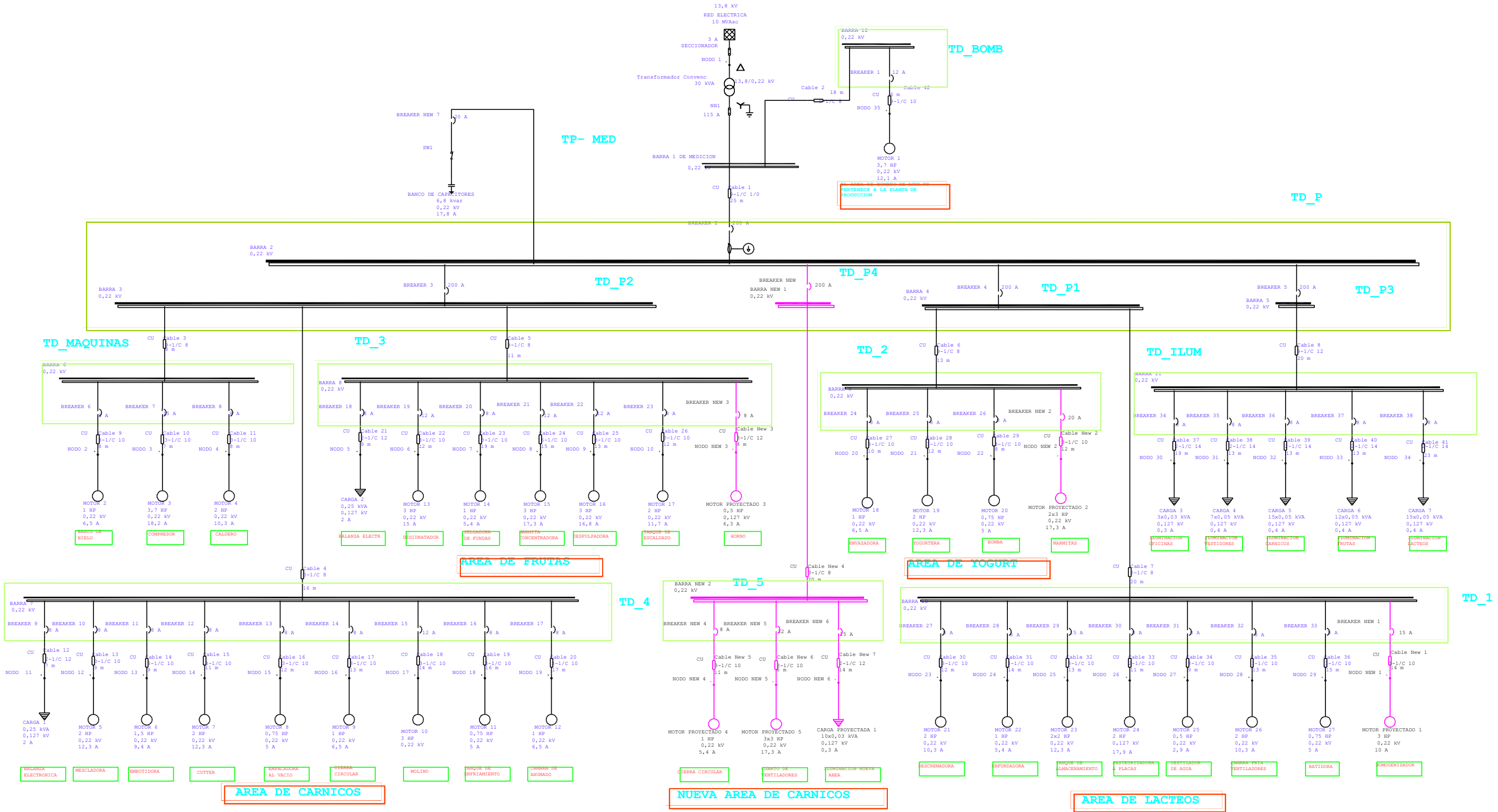
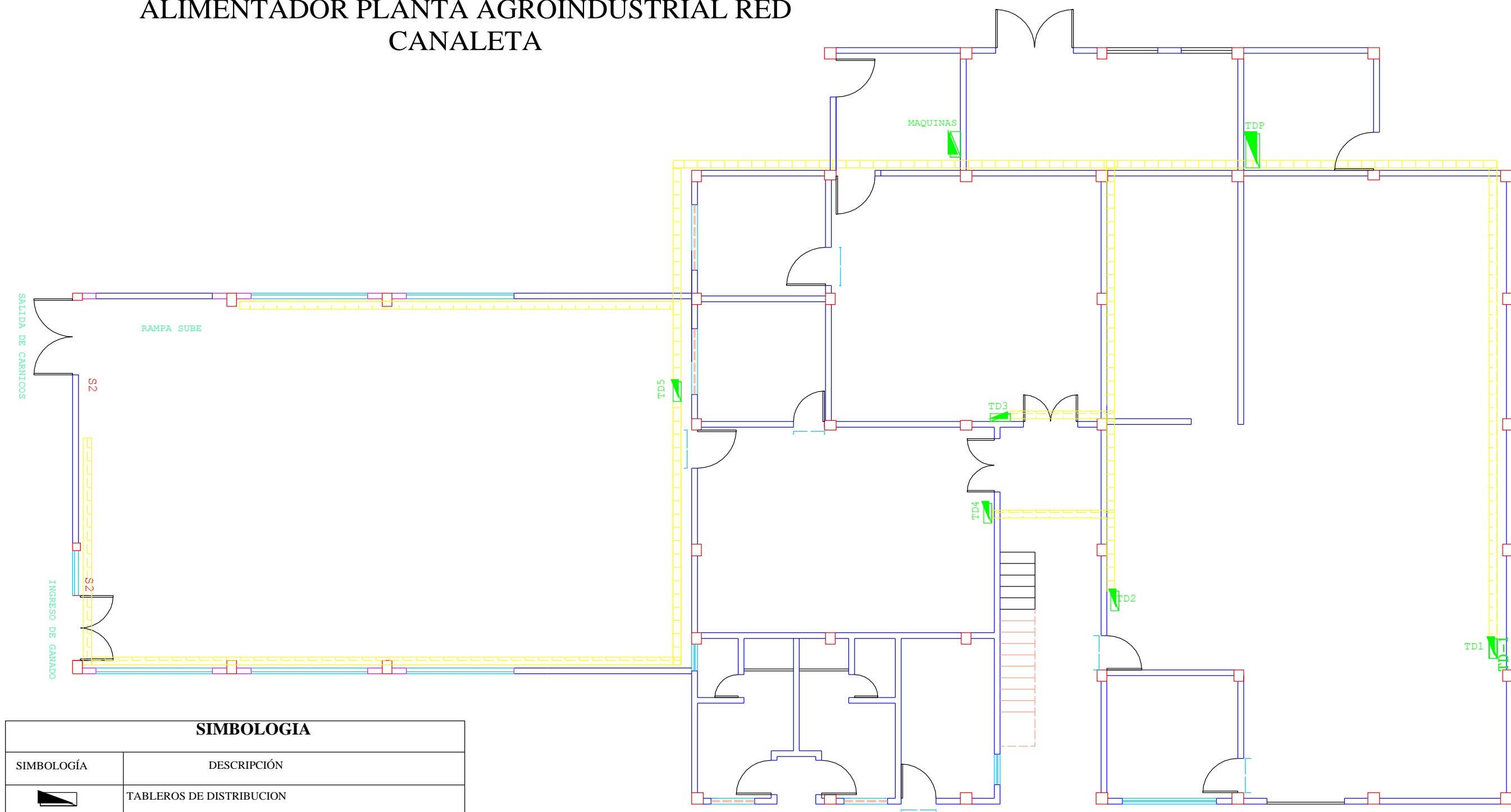


DIAGRAMA INCORPORANDO LAS NUEVAS CARGAS EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS		
PROYECTO DE TITULACIÓN		"ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"			
AUTORES:					
<ul style="list-style-type: none"><li>• CRESPÓ MARCO</li><li>• CRESPATA ALVARO</li></ul>		CONTENIDO:			
DIRECTOR:					
Msc. ING. PROAÑO XAVIER		DIAGRAMA UNIFILAR INCORPORANDO LAS NUEVAS CARGAS EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL			
FACULTAD:					
INGENIERÍA ELÉCTRICA		ESCALA:	FECHA:	HOJA:	
		INDICADAS	FEBRERO - 2017	1 DE 2	



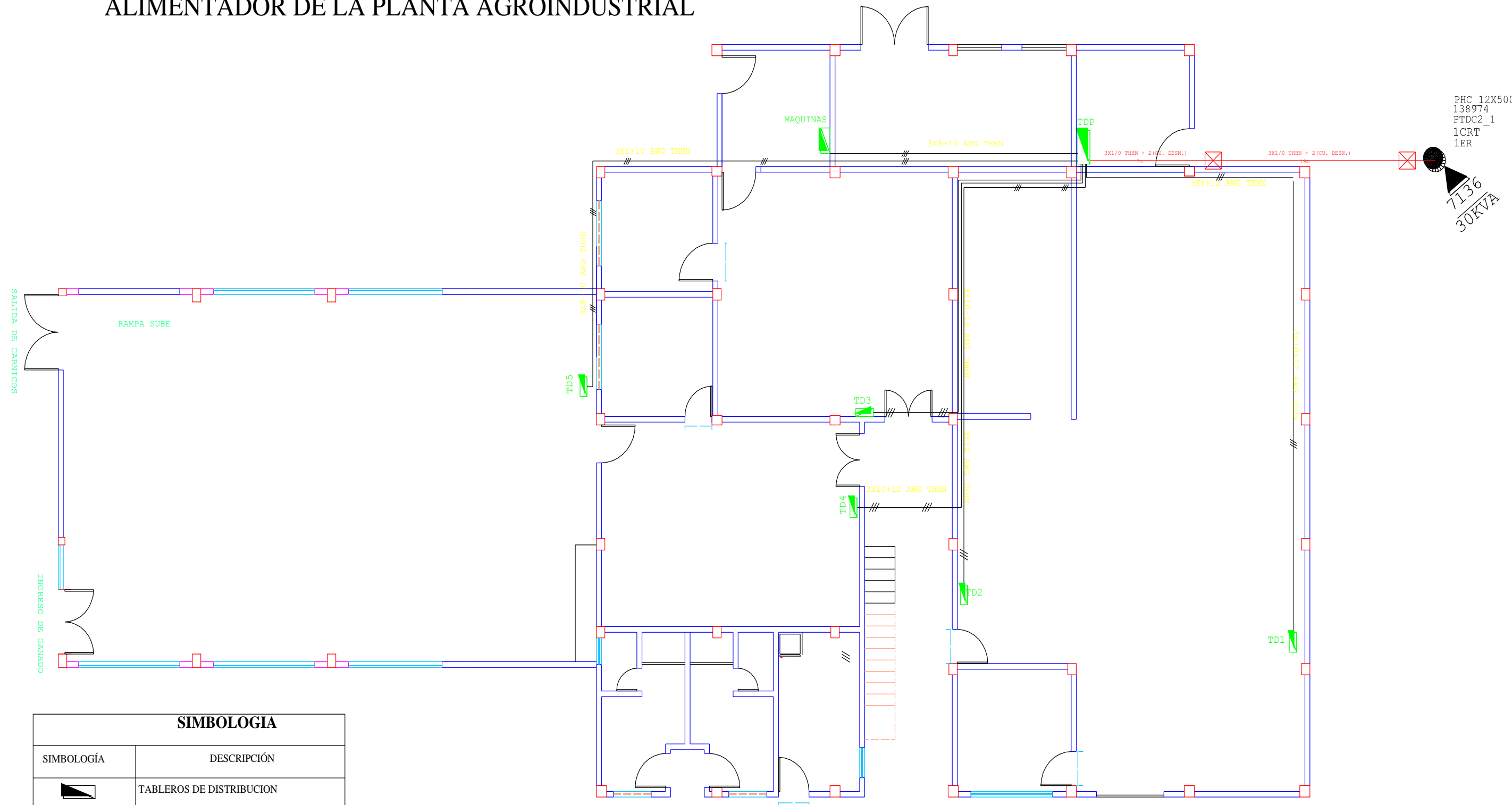
ALIMENTADOR PLANTA AGROINDUSTRIAL RED  
CANALETA



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	TABLEROS DE DISTRIBUCION
	RED CANALIZACION METALICA TIPO ESCALERILLA110mm

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS			
PROYECTO DE TITULACIÓN	"ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"  CONTENIDO: PLANOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA AREA PROYECTADA EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL		
AUTORES: • CRESPO MARCO • CRESPIATA ALVARO			
DIRECTOR: Msc. ING. PROAÑO XAVIER			
FACULTAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA	ESCALA: INDICADAS	FECHA: FEBRERO - 2017	HOJA: 1 DE 3

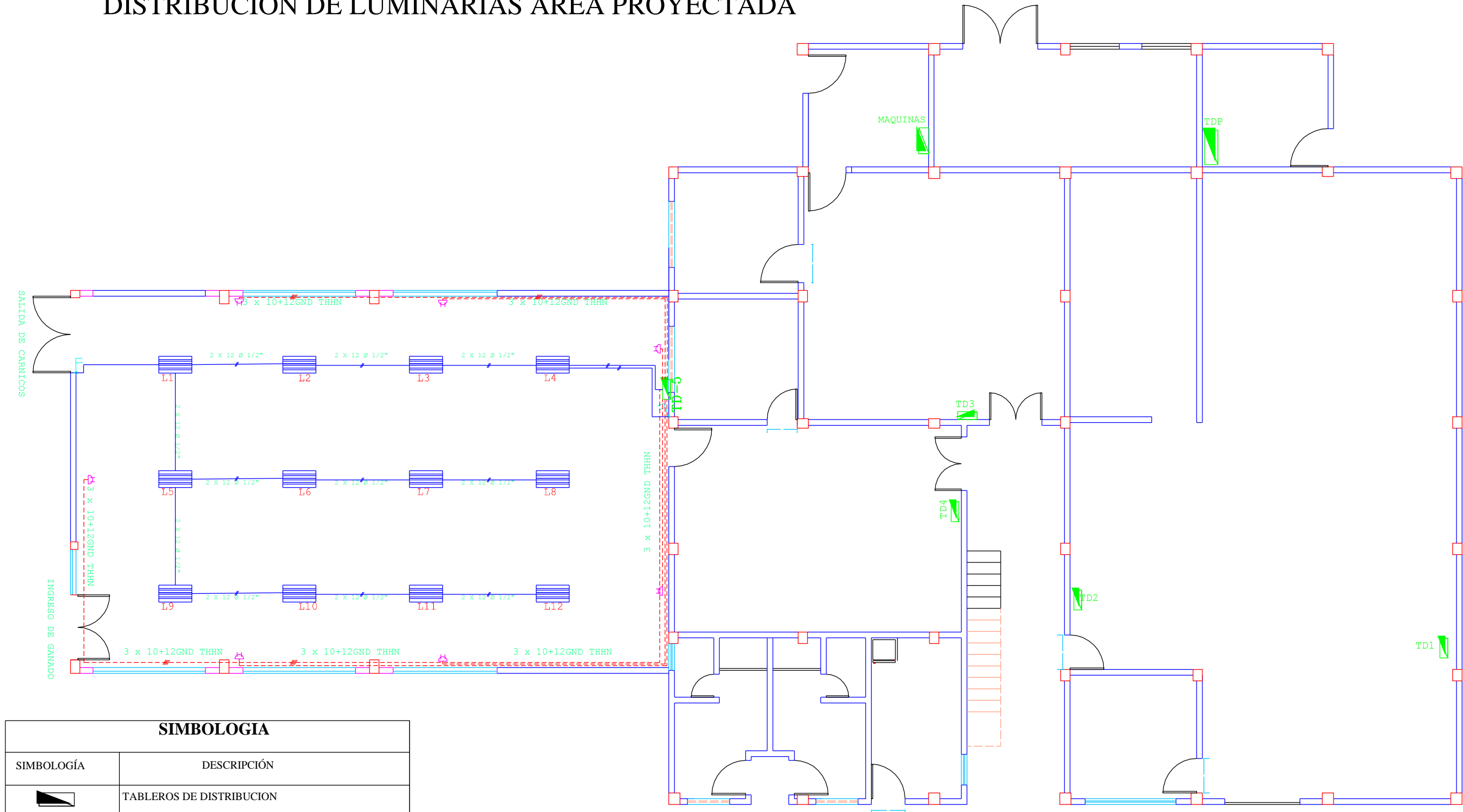
ALIMENTADOR DE LA PLANTA AGROINDUSTRIAL



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	TABLEROS DE DISTRIBUCION
	CONDUCTOR 3X10+12 AWG THHN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS			
PROYECTO DE TITULACIÓN	"ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"		
AUTORES: <ul style="list-style-type: none"><li>CRESPO MARCO</li><li>CRESPATA ALVARO</li></ul>			
DIRECTOR: Msc. ING. PROAÑO XAVIER	CONTENIDO:  PLANOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA AREA PROYECTADA EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL		
FACULTAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA			
ESCALA: INDICADAS	FECHA: FEBRERO - 2017	HOJA: 2 DE 3	

DISTRIBUCION DE LUMINARIAS AREA PROYECTADA



SIMBOLOGIA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	TABLEROS DE DISTRIBUCION
	UMINARIA FLOURECENTE 40W
	CONMUTADOR DE DOBLE
	RED POR PARED O PISO 2 # 10 Ø 1/2
	CONDUCTOR 3 x 10+12GND THHN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS			
PROYECTO DE TITULACIÓN	"ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR EL SERVICIO ELÉCTRICO A LA NUEVA CARGA A IMPLEMENTARSE EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"		
AUTORES: <ul style="list-style-type: none"><li>CRESPO MARCO</li><li>CRESPATA ALVARO</li></ul>			
DIRECTOR: Msc. ING. PROAÑO XAVIER	CONTENIDO: PLANOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA AREA PROYECTADA EN LA PLANTA AGROINDUSTRIAL		
FACULTAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA	ESCALA: INDICADAS	FECHA: FEBRERO - 2017	HOJA: 3 DE 3



### ANEXO 3: ESTUDIO DE ILUMINACION

**THHN Flex**

## ALAMBRES Y CABLES DE COBRE TIPO THHN 600 V - 90°C


CONDUCTOR					ESPESOR DE AISLAM.	ESPESOR CHAQUETA NYLON	DIAMETRO EXT. APROX.	PESO TOTAL APROX.	CAPACIDAD CONDUCCION	
CALIBRE	# HILOS	SECCION APROX.	DIAMETRO APROX.	PESO APROX.					*	**
AWG o MCM		mm	mm	Kg/Km	mm	mm	Kg/Km	Amp	Amp	
14	1	2.08	1.63	18.5	0.38	0.10	2.59	22.7	25	35
12	1	3.31	2.05	29.4	0.38	0.10	3.01	34.5	30	40
10	1	5.26	2.59	46.8	0.51	0.10	3.81	54.9	40	55
8	1	8.37	3.26	74.4	0.76	0.13	5.03	89.9	55	80
14	7	2.08	1.88	19.0	0.38	0.10	2.84	24.4	25	35
12	7	3.31	2.36	30.3	0.38	0.10	3.32	36.8	30	40
10	7	5.26	2.97	48.2	0.51	0.10	4.19	58.8	40	55
8	7	8.37	3.70	75.9	0.76	0.13	5.47	95.8	55	80
6	7	13.3	4.65	120.6	0.76	0.13	6.42	144.6	75	105
4	7	21.12	5.88	191.5	1.02	0.15	8.21	231.9	95	140
2	7	33.54	7.41	304.1	1.02	0.15	9.74	353.3	130	190
1/0	19	53.52	9.45	485.3	1.27	0.18	12.35	559.5	170	260
2/0	19	67.35	10.65	610.7	1.27	0.18	13.55	693.1	195	300
3/0	19	84.91	11.95	770.0	1.27	0.18	14.85	891.3	225	350
4/0	19	107.4	13.40	974.0	1.27	0.18	16.30	1075.2	260	405
250	37	126.4	14.55	1157.1	1.52	0.20	18.01	1287.2	290	455
300	37	151.9	15.95	1390.4	1.52	0.20	19.41	1531.7	320	505
350	37	177.3	17.23	1623.3	1.52	0.20	20.69	1774.8	350	570
400	37	203.2	18.45	1860.6	1.52	0.20	21.91	2021.9	380	615
500	37	252.9	20.65	2315.6	1.52	0.20	24.11	2494.6	430	700
600	61	303.20	22.68	2776.1	1.78	0.23	26.70	3003.4	475	780
700	61	354.0	24.43	3241.0	1.78	0.23	28.45	3484.4	520	855
750	61	380.8	25.34	3453.1	1.78	0.23	29.36	3704.9	535	885
800	61	404.3	26.11	3666.2	1.78	0.23	30.13	3925.1	555	920
1000	61	507.7	29.26	4604.1	1.78	0.23	33.28	4892.0	615	1055

**ESPECIFICACIÓN:**  
COVENIN 397 (Cableado), UL-62 (Sólido)

**APLICACIÓN:**  
En sistemas de alambrado eléctrico, en edificaciones industriales, conexiones de tableros de control donde el voltaje no sea superior a 600V, ambientes secos y una temperatura máxima de servicio de 90°C (194°F). La cubierta protectora de nylon es resistente a la abrasión y facilita a la introducción de ductos, tienen alta resistencia a los ácidos, alcalis, agentes químicos, aceites, gasolina, grasa y llamas.

**AISLANTE:**  
Cloruro de polivinilo (PVC) de 90°C (194°F) resistente a la humedad, no propaga la llama.

**CHAQUETA:**  
Nylon cristal deslizante y resistente a aceites, gasolina y químicos.



De acuerdo a las tablas empleadas se escoge el conductor THHN correspondiente al calibre N° 10 AWG

**CÓDIGO DE LA NECRESISTENCIA Y REACTANCIA PARA CABLES DE 600VOLTIOS, TRIFÁSICOS, 60HZ, 75°C (167°F). TRESCONDUCTORES SENCILLOS EN TUBO CONDUIT.**

	XL (Reactancia) para todos los		Resistencia de ca para alambres de cobre sin recubrimiento			Resistencia de ca para alambres de aluminio			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de cobre sin recubrimiento			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de aluminio			
Calibre AWG / Kcmil	Con-ducts PVC,	Con-ducts acero	Con-ducts PVC	Con-ducts Al	Con-ducts acero	Con-ducts PVC	Con-ducts Al	Con-ducts acero	Con-ducts PVC	Con-ducts Al	Con-ducts Acero	Con-ducts PVC	Con-ducts Al	Con-ducts acero	Calibre AWG / Kcmil
14	0,058	0,073	3,1	3,1	3,1				2,7	2,7	2,7				14
12	0,054	0,068	2	2	2	3,2	3,2	3,2	1,7	1,7	1,7	2,8	2,8	2,8	12
10	0,050	0,063	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	2,0	1,1	1,1	1,1	1,8	1,8	1,8	10
8	0,052	0,065	0,78	0,78	0,78	1,3	1,3	1,3	0,69	0,69	0,70	1,1	1,1	1,1	8
6	0,051	0,064	0,49	0,49	0,49	0,81	0,81	0,81	0,44	0,45	0,45	0,71	0,72	0,72	6
4	0,048	0,6	0,31	0,31	0,31	0,51	0,51	0,51	0,29	0,29	0,3	0,46	0,46	0,46	4
3	0,047	0,059	0,25	0,25	0,25	0,4	0,41	0,4	0,23	0,24	0,24	0,37	0,37	0,37	3
2	0,045	0,057	0,19	0,20	0,20	0,32	0,32	0,32	0,19	0,19	0,2	0,3	0,3	0,3	2
1	0,046	0,057	0,15	0,16	0,16	0,25	0,26	0,25	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,25	1
1/0	0,044	0,055	0,12	0,13	0,12	0,20	0,21	0,20	0,13	0,13	0,13	0,19	0,2	0,20	1/0
2/0	0,043	0,054	0,10	0,10	0,10	0,16	0,16	0,16	0,11	0,11	0,11	0,16	0,16	0,16	2/0
3/0	0,042	0,052	0,077	0,082	0,079	0,13	0,13	0,13	0,088	0,092	0,094	0,13	0,13	0,14	3/0
4/0	0,041	0,051	0,062	0,067	0,063	0,10	0,11	0,10	0,074	0,078	0,080	0,11	0,11	0,11	4/0
250	0,041	0,052	0,052	0,057	0,054	0,085	0,09	0,086	0,066	0,07	0,073	0,094	0,068	0,1	250
350	0,041	0,051	0,044	0,049	0,045	0,071	0,076	0,072	0,05	0,063	0,065	0,082	0,086	0,088	350
400	0,040	0,05	0,038	0,043	0,039	0,061	0,066	0,063	0,053	0,058	0,06	0,073	0,077	0,08	400
500	0,040	0,049	0,033	0,038	0,035	0,054	0,059	0,055	0,049	0,053	0,056	0,066	0,071	0,073	500
600	0,039	0,048	0,027	0,032	0,029	0,043	0,048	0,045	0,043	0,048	0,05	0,057	0,061	0,064	600
800	0,039	0,048	0,023	0,028	0,025	0,036	0,041	0,038	0,04	0,044	0,047	0,051	0,055	0,058	800
750	0,038	0,048	0,019	0,024	0,021	0,029	0,034	0,031	0,036	0,04	0,043	0,045	0,049	0,052	750
1000	0,037	0,048	0,015	0,019	0,018	0,023	0,027	0,025	0,032	0,036	0,04	0,039	0,042	0,046	1000

La “Z efectiva” se define como  $R \cos \theta + X \sin \theta$ , donde  $\theta$  es el ángulo del factor de potencia del circuito. Si se multiplica la corriente por la impedancia efectiva, da una buena aproximación para la caída de voltaje línea – neutro. Los valores de impedancia efectiva que se muestran en esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85.

Para otro factor de potencia (FP) de circuito se puede calcular la impedancia efectiva ( $Z_e$ ) a partir de los valores de R y XL proporcionados en esta tabla, de modo siguiente:  $Z_e = R * FP + XL \sin [\arccos (FP)]$